Excellence scientifique • Protection et conservation des ressources • Bénéfices aux Canadiens
Scientific Excellence • Resource Protection & Conservation • Benefits for Canadians

Effets des vents côtiers sur les débarquements commerciaux de morues *Gadus morhua L.* par les engins fixes des unités statistiques 4Sv et 4Sw

F.Grégoire et A.Sinclair

Division de la recherche sur les pêches
Ministère des Pêches et des Océans
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, 850, route de la Mer
Mont-Joli (Québec)
G5H 3Z4

1991

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques
1795

Pêches et Océans Fisheries and Oceans

Canada

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports techniques contiennent des renseignements scientifiques et techniques qui constituent une contribution aux connaissances actuelles, mais qui ne sont pas normalement appropriés pour la publication dans un journal scientifique. Les rapports techniques sont destinés essentiellement à un public international et ils sont distribués à cet échelon. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques du ministère des Pêches et des Océans, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports techniques peuvent être cités comme des publications complètes. Le titre exact paraît au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports techniques sont résumés dans la revue *Résumés des sciences aquatiques et halieutiques*, et ils sont classés dans l'index annual des publications scientifiques et techniques du Ministère.

Les numéros 1 à 456 de cette série ont été publiés à titre de rapports techniques de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Les numéros 457 à 714 sont parus à titre de rapports techniques de la Direction générale de la recherche et du développement, Service des pêches et de la mer, ministère de l'Environnement. Les numéros 715 à 924 ont été publiés à titre de rapports techniques du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 925.

Les rapports techniques sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement auteur dont le nom figure sur la couverture et la page du titre. Les rapports épuisés seront fournis contre rétribution par des agents commerciaux.

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Technical reports contain scientific and technical information that contributes to existing knowledge but which is not normally appropriate for primary literature. Technical reports are directed primarily toward a worldwide audience and have an international distribution. No restriction is placed on subject matter and the series reflects the broad interests and policies of the Department of Fisheries and Oceans, namely, fisheries and aquatic sciences.

Technical reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is abstracted in *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts* and indexed in the Department's annual index to scientific and technical publications.

Numbers 1–456 in this series were issued as Technical Reports of the Fisheries Research Board of Canada. Numbers 457–714 were issued as Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Research and Development Directorate Technical Reports. Numbers 715–924 were issued as Department of Fisheries and the Environment, Fisheries and Marine Service Technical Reports. The current series name was changed with report number 925.

Technical reports are produced regionally but are numbered nationally. Requests for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page. Out-of-stock reports will be supplied for a fee by commercial agents.

91-04231/

Rapport technique canadien

des sciences halieutiques et aquatiques 1795

1991

EFFETS DES VENTS COTIERS SUR LES DÉBARQUEMENTS COMMERCIAUX DE MORUES (*Gadus morhua* L.) PAR LES ENGINS FIXES DES UNITÉS STATISTIQUES 4Sv ET 4Sw.

par

F. Grégoire et A. Sinclair

Division de la recherche sur les pêches
Ministère des Pêches et des Océans
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000, 850, route de la Mer
Mont-Joli (Québec)
G5H 3Z4

© Ministère des Approvisionnements et Services Canada 1991
No de catalogue Fs 97-6/0000F ISSN 0706-6570

On devra citer la publication comme suit:

Grégoire, F. et A. Sinclair. 1991. Effets des vents côtiers sur les débarquements commerciaux de morues (**Gadus morhua** L.) par les engins fixes des unités statistiques 4Sv et 4Sw. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 1795 : vii + 54 p.

TABLE DES MATIERES

	Page
LISTE DES TABLEAUX	iv
LISTE DES FIGURES	v
RÉSUMÉ/ABSTRACT	vii
INTRODUCTION	1
MATÉRIEL ET MÉTHODES	2
RELATIONS ENTRE LES DÉBARQUEMENTS ET LES VENTS	2
PRÉDICTIONS DES DÉBARQUEMENTS	4
RÉSULTATS	4
DIRECTION ET VITESSE DES VENTS	4
COMPOSANTES PARALLELES A LA RIVE	5
DÉBARQUEMENTS DE MORUES DANS 4Sv et 4Sw	5
COHÉRENCE ET PHASE	6
DISCUSSION	7
REMERCIEMENTS	9
RÉFÉRENCES	9

LISTE DES TABLEAUX

Tableau		Page
1	Coefficients Lambda L2 et limites de confiance à 95% L1 et L3 de la transformation Box-Cox sur les composantes parallèles à la rive calculées aux stations de Blanc Sablon et Chevery, 1985 à 1989	13
2	Coefficients Lambda L2 et limites de confiance à 95% L1 et L3 de la transformation Box-Cox sur les valeurs de stress calculées aux stations de Blanc Sablon et Chevery, 1985 à 1989	14
3	Coefficients Lambda L2 et limites de confiance à 95% L1 et L3 de la transformation Box-Cox sur les débarquements dans 4Sv et 4Sw, 1985 à 1989.	15
4	Résultats des tests de normalité après transformation Box-Cox pour H0 : les valeurs de la série correspondante proviennent d'une distribution qui n'est pas différente de la normalité	16
5	Coefficients de corrélation de Pearson et valeurs de P (n = 133) entre les différentes composantes déphasées et parallèles à la rive, pour Blanc Sablon, du 20 mai au 30 septembre 1985 à 1989.	17
6	Coefficients de corrélation de Pearson et valeurs de P (n = 133) entre les différentes composantes déphasées et parallèles à la rive, pour Chevery, du 20 mai au 30 septembre 1985 à 1987	18
7	Modèles de Box-Jenkins déterminés à partir des séries des valeurs logarithmiques des débarquements de l'unité statistique 4Sv, 1985 à 1989	19
8	Projections des logarithmes des débarquements de morues, limites inférieures et supérieures à 95%, exécutées jusqu'à 7 jours à partir des modèles Box-Jenkins correspondants	20

LISTE DES FIGURES

Figure		Page
1	Carte du golfe du Saint-Laurent illustrant la position de Blanc Sablon et des différentes unités statistiques	21
2	Distribution des fréquences horaires annuelles des directions de provenance du vent, Blanc Sablon, 1985 à 1989.	22
3	Distribution des fréquences horaires mensuelles des directions de provenance du vent, Blanc Sablon, 1985	24
4	Distribution des fréquences horaires annuelles des directions de provenance du vent, Chevery, 1985 à 1989	26
5	Directions vraies (après rotation de 180°) de la vitesse du vent enregistrées à Blanc Sablon d'avril à septembre 1985 . .	28
6	Composantes moyennes journalières des vents parallèles à la rive calculées à partir des données provenant de Blanc Sablon, 1985 à 1989	30
7	Composantes moyennes journalières des vents parallèles à la rive calculées à partir des données provenant de Chevery, 1985 à 1989 (les flèches indiquent des anomalies de fonctionnement de l'appareil)	33
8	Débarquements journaliers (tonne) de morues capturées par les engins fixes des unités statistiques 4Sv et 4Sw	36
9	Cohérence au carré et spectre de phase calculés entre le vecteur stress (Blanc Sablon) et les débarquements de l'unité statistique 4Sv, 1985 à 1989.	41
10	Cohérence au carré et spectre de phase calculés entre le vecteur stress (Blanc Sablon) et les débarquements de l'unité statistique 4Sw, 1985 à 1989.	46

LISTE DES FIGURES (SUITE)

Figure		Page
11	Cohérence au carré et spectre de phase calculés entre le vecteur stress (Chevery) et les débarquements de l'unité statistique 4Sv, 1985 et 1987.	51
12	Cohérence au carré et spectre de phase calculés entre le vecteur stress (Chevery) et les débarquements de l'unité statistique 4Sw, 1985 et 1987	53

RÉSUMÉ

L'analyse spectrale exécutée entre des séries de débarquements côtiers de morues et de vents parallèles à la rive démontre l'existence d'une relation de cause à effet. Les débarquements réagissent à l'influence du vent sur une grande échelle spatiale et à des périodes qui sont caractérisées par le temps de passage de différents systèmes frontaliers. Il n'a pas été possible de prédire adéquatement les débarquements à partir des captures antérieures ou en insérant le vent en guise de fonction de transfert. Le régime des vents n'explique pas les diminutions récentes des captures de morues.

ABSTRACT

Spectral analysis performed between inshore cod landings and alongshore winds revealed a cause and effect relationship. Landings responded at a large spatial scale and at periods consistent with storm events. It was not possible to predict landings by the use of past landings and the wind as a transfer function. Winds do not explain the recent decrease of cod catches.

INTRODUCTION

Il est reconnu que les populations de poissons, même en l'absence d'exploitation, subissent des variations d'abondance. On est loin de l'affirmation d'Huxley qui stipulait que la très grande fécondité des poissons rendait l'océan inépuisable. Nicholson fut le premier, en 1933, à présenter clairement des idées de base définissant certains mécanismes responsables des variations d'abondance. Le concept de mortalité reliée à la densité fut énoncé quelque temps après (1935) par Smith (Ricker 1954). Dès 1914, Hjort proposa comme mécanismes de régulation, le manque de nourriture, la dérive et la prédation chez les jeunes stades. Il précisa que la force d'une classe d'âge se détermine au tout début du cycle de développement (Cushing 1984). Cependant, comme le mentionnait récemment Wooster et Bailey (1989), cette phase critique peut aussi bien apparaître à d'autres moments au cours du développement.

On classe généralement les mécanismes de régulation en deux grandes catégories; soit les mécanismes biotiques comme la prédation et le cannibalisme, et les mécanismes abiotiques comme le climat. C'est avec l'apparition de séries temporelles de longueur adéquate qu'il a été possible de démontrer plus spécifiquement l'effet du climat comme mécanisme régulateur de l'abondance et de la distribution d'un stock. Selon Cushing (1984), le climat a une influence à court et à long terme. Il mentionne comme exemple d'influence à court terme, les mortalités massives et spectaculaires du tile (**Lopholatilus chamaeleonticeps**) en 1882 le long de la côte américaine. Celles-ci furent causées par une plus grande progression vers le sud du courant du Labrador. Dans le cas d'une influence à plus long terme, citons le refroidissement du climat à partir de 1950 qui provoqua vers la fin des années 60 l'effondrement des stocks de morues de la côte ouest du Groendland. Le refroidissement provoqua l'arrêt des vents dominants d'est de cette région et du même coup, la dérive des larves de morues en provenance de l'Islande (Cushing 1984). Le El Nino est aussi classé dans cette dernière catégorie. Son apparition à tous les cinq ou dix ans perturbe les cycles de production engendrés par les remontées d'eaux riches en substances nutritives qui sont présentes par exemple le long de la côte péruvienne.

Ces remontées d'eau qu'on retrouve le long de certaines côtes peuvent être provoquées par des vents qui se présentent sous un certain angle par rapport à la côte (Thomson 1984). Un tel phénomène a bien été démontré dans le cas notamment des travaux de Rose et Leggett (1988a, 1988b) pour la région de Blanc Sablon, sur la basse côte nord du golfe du Saint-Laurent (Figure 1). Ils ont démontré de plus l'étroite association entre la présence de la morue et les eaux froides dont la remontée est engendrée par les vents parallèles à la rive. La disponibilité de la morue aux engins fixes côtiers s'avère donc reliée directement à ce phénomène.

Les débarquements de morues du stock 3Pn, 4RS ont grandement chuté depuis 1983 (Fréchet et Schwab, 1989). Cette diminution est plus marquée dans le cas des engins fixes qui, dans une certaine mesure, sont plus dépendants des déplacements de la morue.

L'objectif principal de la présente étude est de déterminer s'il y a une relation entre les vents et les débarquements commerciaux de morues pour une échelle spatiale plus grande que celle définie lors des travaux de Rose et Leggett (1988a, 1988b). En présence d'une telle relation, nous déterminons si les vents sont responsables de la diminution des captures des engins fixes côtiers. La diminution observée s'expliquerait alors par une baisse de l'accessibilité de la morue aux engins fixes et non pas uniquement par une diminution de la biomasse.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

RELATIONS ENTRE LES DÉBARQUEMENTS ET LES VENTS

L'analyse des débarquements côtiers de morues et des données de vent a été réalisée pour les unités statistiques 4Sv et 4Sw (Figure 1), et pour la période de 1985 à 1989. Ce choix s'explique par l'existence d'une pêche côtière aux engins fixes et par la proximité de stations météorologiques. Les données de débarquements de morues ont été tirées des fichiers ZIFFs (Zonal Interchange File Format, division des services économiques, région du Québec, MPO), regroupées en captures totales (t/d) par unité statistique et pour l'ensemble des engins fixes. Parmi ces engins, on retrouve en très grand nombre des filets maillants et des palangres.

Les données horaires de direction de provenance et de vitesse du vent pour la période concernée ont été fournies par le Service de l'Environnement Atmosphérique (Environnement Canada, Ville Saint-Laurent, Québec). Les données ont été enregistrées aux stations de Blanc Sablon et de Chevery, cette dernière étant située à environ 50 km à l'ouest de La Tabatière (Figure 1).

Les fréquences horaires des directions du vent ont été utilisées pour illustrer les variations intra-annuelles et inter-annuelles du régime des vents. Les données horaires de direction et de vitesse du vent sont exprimées en moyenne journalière. Les directions de provenance du vent ont subi auparavant une rotation de 180 degrés.

Il a été démontré que les vents parallèles à la rive étaient responsables de la relation entre les courants côtiers ascendants et descendants et les débarquements quotidiens côtiers de morues (Rose et Leggett 1988b). Les composantes parallèles à la rive (axe 240° à 60° environ) ont été calculées à partir des fréquences horaires de direction et de vitesse des vents. Par la suite, ces composantes ont été ramenées sur une base journalière puis converties en stress (Csanady 1982).

Les valeurs journalières du stress le long de la rive ont été comparées aux débarquements journaliers. Les séries temporelles des débarquements et du stress ont alors été analysées simultanément au moyen de l'analyse spectrale. L'analyse spectrale est en fait une analyse de variance qui s'applique aux séries temporelles de données quantitatives. Les séries des débarquements ont été tronquées aux extrémités à cause des captures irrégulières du début et de la fin de la saison de pêche. Aucune interpolation n'a été effectuée et seulement les données présentes entre les jours 140 et 273 ont été considérées.

Les séries comportent toutes un nombre élevé d'observations (n>100). Cela leur confère une valeur statistique compte tenu de la présence possible de facteurs aléatoires (Legendre et Legendre 1984). Les observations sont à intervalle régulier c'est-à-dire quotidien. La procédure Box-Cox (Sokal et Rohlf 1981) a été utilisée pour normaliser les séries qui ne l'étaient pas (Legendre 1985). La tendance a été vérifiée par méthode analytique. C'est la régression linéaire qui a été utilisée, la tendance étant alors détectée par la présence d'une pente significative. Le cas échéant, les analyses portent sur les valeurs résiduelles des séries (Legendre et Legendre 1984).

Le spectre de chacune des séries à comparer a été calculé à partir des périodogrammes (SAS 1982). Le périodogramme est une représentation de la partition de la variance totale d'une série pour différentes fréquences. En terme de fréquences continues, le périodogramme porte le nom de spectre et s'exprime de la façon suivante:

$$Syy\ (f) = p\ (a^2 f + b^2 f)/2$$

$$0 \leq f \leq f\ p/2$$

où:

f = fréquence

a,b = coefficients déterminés par l'ajustement au moyen des moindres carrés de la série de Fourier correspondante

(Legendre et Legendre 1984)

Les spectres calculés de cette façon sont des estimations non biaisées des spectres réels. Une correction est cependant nécessaire car quelle que soit la longueur de la série, l'erreur-type de l'estimation spectrale est de 100% (Platt et Denman 1975). La technique de correction qui a été utilisée porte le nom de fenêtre rectangulaire et consiste à calculer des moyennes mobiles de m ordonnées d'un périodogramme (Chatfield 1984). Le choix de m est déterminé d'après l'examen de différents lissages produits par différentes valeurs de m. Une valeur trop grande est associée à une faible résolution et à la présence de biais (Chatfield 1984). Les spectres ainsi lissés

ont permis le calcul de la cohérence au carré et du spectre de phase, i.e. l'analyse des spectres croisés. La cohérence au carré est une mesure de la corrélation entre deux séries. Elle permet de déterminer les fréquences ou périodes pour lesquelles les corrélations entre deux séries sont les plus élevées. Plus la valeur de la cohérence au carré est près de 1, plus les deux séries ou processus qui sont comparés sont identiques. Le déphasage entre les deux séries est déterminé par le spectre de phase. Les intervalles de confiance à 95% des valeurs des cohérences et des phases ont été calculés comme Jenkins et Watts (1968) le suggèrent.

PRÉDICTIONS DES DÉBARQUEMENTS

Nous avons utilisé l'approche de Rose et Leggett (1988b), qui consiste à prédire les débarquements au moyen d'une régression multiple. Les données de vent et non de stress ont été employées. Cette approche implique une relation entre les séries. Les composantes parallèles à la rive des stations de Blanc Sablon et de Chevery ont donc été déphasées jusqu'à quatre jours. La colinéarité a été vérifiée sur ces variables qui ont été insérées dans un modèle de régression multiple. Les variables dépendantes ont été les débarquements journaliers et les changements journaliers dans les débarquements des unités statistiques 4Sv et 4Sw.

Des prédictions ont aussi été faites en utilisant cette fois la méthode de Box-Jenkins (Box et Jenkins 1976). En utilisant cette approche, des résultats efficaces ont déjà été observés dans le cas des débarquements commerciaux de plie rouge **Pseudopleuronectes americanus** (Jeffries et al 1989), du homard de roche **Jasus edwardsii** (Saila et al 1980) du homard américain **Homarus americanus** (Boudreault et al 1977), du thon **Katsuwonus pelamis** (Mendelssohn 1981), de l'alose **Brevoortia tyrannus** et **Brevoortia patronus** (Jensen 1985), de la sardine **Sardina pilchardus** (Stergiou 1989), d'espèces pélagiques diverses (Mendelssohn et Cury 1987) et de relevés de croisières de recherche (Pennington 1985; Pennington 1986). Nous avons analysé l'introduction du vent dans une fonction de transfert (Box et Jenkins 1976; SAS 1986; Keller 1987) dans le but d'améliorer le modèle.

RÉSULTATS

DIRECTION ET VITESSE DES VENTS

Les vents enregistrés à une fréquence horaire à la station de Blanc Sablon proviennent dans la plupart des cas des directions ENE et O (Figure 2). Les distributions correspondantes ont comme modes 70° et 250-270°. La fréquence réelle de la première classe de direction (10°) est ici surestimée. Sa limite inférieure de 0 indique un vent en provenance du nord ou une absence de vent. On remarque aussi qu'il y a quasi absence de vent en provenance du SSE. L'examen

des histogrammes des fréquences horaires pour 1985 (Figure 3), tout comme ceux des autres années révèle aussi la présence des deux modes précités. Le premier est cependant moins bien défini pour les mois d'octobre à février. Le second est bien distinct et présent à tous les mois.

Le patron annuel des vents à la station de Chevery est similaire à celui observé à la station de Blanc Sablon à l'exception du fait que les modes sont déplacés d'environ 20 degrés (Figure 4). Ce décalage peut être causé par le relief environnant. Dans ce cas-ci, le premier mode se situe aux environs de 350-30° (NNE) et le second vers 230-250° (OSO). Le patron mensuel des vents à Chevery, pour les mois de juin à septembre 1988 et 1989, est caractérisé par l'absence de vent pour les directions de provenance comprises entre 220° et 360°. La cause serait un mauvais fonctionnement des appareils d'enregistrements (M. Gauthier, Service climatologique du Canada, communication personnelle). En raison des distinctions précitées, les vents des deux stations ont été analysés séparément.

Dans le cas de Blanc Sablon (Figure 5) et celui de Chevery, le mois d'avril est caractérisé par des vents forts atteignant parfois des vitesses supérieures à 45 km/h. Ces vents proviennent la plupart du temps du NNE et du NE et peuvent durer quelques jours. L'intensité de ces vents tend à diminuer vers la mi-mai, et ceux-ci proviennent particulièrement du SO. C'est vers cette période que débutent les activités de pêche aux engins fixes. En septembre, il y a retour progressif des vents d'intensité plus forte. Ces observations faites en 1985 valent également pour les années subséquentes.

COMPOSANTES PARALLELES A LA RIVE

Le patron des valeurs journalières (m/s) des composantes parallèles à la rive, calculées aux stations de Blanc Sablon et Chevery, est très irrégulier (Figures 6 et 7). Des valeurs de signe opposé (+ vers 60°, - vers 240°) se succèdent rapidement. Des valeurs élevées négatives sont présentes au début des séries. Ces valeurs correspondent à la prédominance de vents forts provenant alors du NNE et NE (Figure 5). Les variations journalières des valeurs des composantes, quoique d'amplitudes différentes, sont analogues entre les stations pour chacune des années correspondantes. Un examen visuel de ces séries ne révèle pas de tendance notable.

DÉBARQUEMENTS DE MORUES DANS 4Sv et 4Sw

A l'exception de 1988 et 1989, la date du début des captures dans 4Sv précède celle de 4Sw (Figure 8). Ceci peut s'expliquer par la présence tardive de glace dans cette dernière unité statistique. Les séries de débarquements sont irrégulières: valeurs élevées et faibles se succèdent rapidement.

On observe un nombre élevé de jours au cours desquels il y a eu peu de débarquements. Une légère tendance à la hausse est notée pour les séries de débarquements de 4Sv en 1985, 1986 et 1987. Cette tendance s'applique pour la période comprise entre les jours 160 et 190. Une tendance similaire mais plus tardive s'observe pour 4Sw en 1985, 1986 et 1988. A partir du jour 190, certaines séries présentent une tendance à la baisse. Cette observation ne s'applique cependant pas pour 4Sw en 1985 où de très fortes captures ont été enregistrées tout au cours de la saison de pêche. On remarque aussi pour ces deux unités statistiques, une diminution générale des captures au cours des dernières années.

Les valeurs des coefficients (L2) qui représentent les meilleures transformations de normalisation (Sokal et Rohlf 1981), sont significativement différentes de 0 ($P<0.05$) pour les valeurs des composantes parallèles et pour celles du stress et des débarquements des unités statistiques 4Sv et 4Sw, 1985-1989 (Tableaux 1, 2 et 3). Dans plus de la moitié des cas (Tableau 4), la normalisation n'a pu être obtenue. Tout au plus, elle a amené les vecteurs rejetés à être plus près d'une distribution normale. Les données non normales sont quand même utilisées dans l'analyse spectrale. Cette condition essentielle peut être négligée dans le cas particulier de cette analyse (Platt et Denman 1975). Une autre condition à respecter, l'absence de tendance, a été confirmée par l'absence de pentes significatives.

COHÉRENCE ET PHASE

Des cohérences élevées ont été calculées entre les séries de stress et de débarquements. Les valeurs des cohérences au carré situées au-dessus du trait horizontal des figures 9 à 12 sont significativement différentes de 0. Le trait est fixé à 0.3599, soit la valeur à soustraire de l'estimation du carré de la cohérence, pour obtenir sa limite inférieure (Jenkins et Watt 1968). L'examen des carrés de cohérences significatives révèle trois périodes, 25 jours, 8-9 jours et 2.5-5 jours. Les limites de confiance des phases, calculées à partir de la valeur correspondante du carré de la cohérence et du nombre de degrés de liberté, sont représentées par les traits verticaux. Le nombre de jours de déphasage est calculé à partir du produit d'une période donnée par le rapport entre la valeur de la phase (en degré) correspondante et 360. Des phases significatives et négatives indiquent que la série temporelle des débarquements est déphasée et précédée par celle du stress. Dans certains cas, les phases ne sont pas significatives et sont parfois même positives.

Les composantes parallèles à la rive déphasées jusqu'à quatre jours ne présentent des corrélations significatives que pour les intervalles de déphasage voisins (Tableaux 5 et 6). Il y a tendance à la colinéarité. Il s'avère inadéquat d'employer les régressions multiples, utilisant les composantes déphasées comme variables indépendantes, dans le but de prédire les débarquements

journaliers ou les changements journaliers dans les débarquements des unités statistiques 4Sv et 4Sw. Les coefficients de détermination sont faibles dans tous les cas. La situation n'est pas améliorée par l'utilisation du stress comme variables indépendantes.

Les corrélations significatives entre les intervalles de déphasage voisins indiquent la possibilité qu'un modèle autorégressif d'ordre 1 puisse prédire les séries des vents ou du stress. L'utilisation de la procédure ARIMA (SAS 1986) confirme qu'il n'y a pas de tendance ou de cycle dans les vents. L'analyse des modèles de Box-Jenkins appliqués sur les débarquements de 4Sv, par exemple, dénote un modèle différent avec des termes significativement différents pour chaque année (Tableau 7). Les limites de confiance à 95% de certaines prédictions sont élevées (Tableau 8). L'addition du vent en guise de fonction de transfert n'améliore pas les modèles.

DISCUSSION

Dans le but d'expliquer les variations annuelles des captures de morues aux trappes de la côte est de Terre-Neuve, Templeman (1966) a émis l'hypothèse qu'il existe une relation de cause à effet entre le vent et les mouvements côtiers ascendants et descendants de la masse d'eau. Selon Templeman (1966), un vent en provenance de la côte perpendiculaire à la rive, par exemple, pousserait l'eau de surface en direction du large. En été, l'eau tempérée de surface serait remplacée par de l'eau froide du fond où se trouve la morue. Cette migration de la morue, associée au mouvement de la masse d'eau, s'expliquerait par la sensibilité de la morue aux températures ambiantes. Il a été démontré d'ailleurs (Templeman 1966, Rose et Legget 1988b, Jean 1964, Templeman et May 1965 et Scott 1982) que la morue était présente dans les eaux dont les limites de température étaient presque identiques.

Ce type de mouvement des masses d'eau explique aussi les fluctuations d'abondance des cocons d'**Okopleura spp** (Taggart et Frank 1987), des taux de croissance et de la survie des jeunes larves de capelan **Mallotus villosus** (Frank et Leggett 1982) et de la proximités des morues aux trappes (Rose et Leggett 1988b). Cependant dans ce dernier cas, le phénomène de remontée des eaux provient d'un mécanisme différent. En effet, bien que Rose et Leggett aient démontré une relation significative à court terme d'une période d'environ de 1.8 à 2 jours concernant les vents perpendiculaires, ce sont surtout les vents parallèles à la côte qui induisent des remontées d'eau. Ces vents exercent une pression sur l'eau qui engendre alors des courants de dérive; ceux-ci se dirigent vers la droite en raison de la force de coriolis (Thomson 1984). Par conséquent, les courants éloignent l'eau de surface de la côte et favorisent les remontées d'eau profonde. Ce phénomène, qui a aussi été décrit par Schneider et Methven (1988),

n'est possible que lorsque la profondeur de l'eau présente est supérieure à la profondeur maximale d'influence du vent, soit environ 100 mètres (Thomson 1984). Si la profondeur n'est pas suffisante, l'eau sous-jacente aura tendance à s'écouler en aval du vent.

L'analyse spectrale nous a permis de déterminer une relation de cause à effet entre les vents et les débarquements de morues. Il a été démontré que les débarquements sont corrélés avec le stress pour des périodes de 2.5-5 jours, de 8-9 jours, et de 25 jours environ. Les deux premières périodes correspondent à des temps de passage différents, engendrés par deux systèmes de pression (Koutitonsky et Bugden, 1990). Le premier se propage du sud au nord, son centre étant situé au-dessus de l'eau. Le second, dont le centre est au-dessus des terres du nord du golfe, se propage plus lentement et se dirige de l'ouest vers le nord est. Koutitonsky et Bugden (1990) ont démontré qu'à chacun de ces systèmes étaient associées des composantes U (zonale) et V (méridionale) spécifiques. Ainsi, les remontées d'eau le long de la côte seraient alors reliées au passage du second système. La dernière période déterminée par l'analyse spectrale est plus difficile à expliquer en terme physique. De plus, sa valeur est située près de la limite inférieure de la fenêtre d'observation.

Ces relations entre le vent, les remontées ou descentes d'eau et les variations dans la proximité des morues aux engins fixes n'ont pu être démontrées par l'emploi d'une fonction de transfert associée aux modèles de Box-Jenkins. Ces modèles peuvent être moins puissants que l'analyse spectrale quant à leur capacité de détection des relations de cause à effet. Dans le présent cas, les relations peuvent être atténuées par la qualité même de la variable "débarquement" qui dépend beaucoup du comportement du pêcheur et de la justesse de ses affirmations.

Les baisses de captures observées tous les sept jours et décelées dans les modèles de Box-Jenkins, traduisent en fait la diminution des activités de pêche le dimanche. D'autres facteurs comme par exemple la position des divers engins fixes et le regroupement journalier des captures des différents engins peuvent avoir atténué le signal. Le phénomène qui a été enregistré lors de la présente étude se produit sur une grande échelle. Les débarquements recouvrent deux grandes unités statistiques. Cela pourrait expliquer le fait que le mouvement des débarquements précédait dans certains cas celui du stress.

Le régime mensuel des vents enregistré à Blanc Sablon et à Chevery, décrit lors de la présente étude, est demeuré le même au cours des années 85 à 89. Par exemple, les distributions de fréquences horaires des directions du vent sont similaires d'une année à l'autre. L'examen des directions ne révèle pas de séquences de plus en plus fréquentes des vents du NE, défavorisant au cours de la période de pêche, la proximité des morues des trappes. Bien qu'une relation entre les vents et les débarque-

ments ait été démontrée, on ne peut utiliser le vent pour prédire les débarquements . De plus, le vent ne peut être considéré comme une cause de la diminution des captures de morues par les engins fixes des unités statistiques 4Sv et 4Sw de la basse côte nord du golfe du Saint-Laurent.

REMERCIEMENTS

Nous désirons remercier M. Pierre Gagnon, statisticien à la DRP, pour ses conseils judicieux et l'aide apportée à l'utilisation des modèles de Box-Jenkins; le Dr Denis Lefaivre pour son support dans l'interprétation des résultats de l'analyse spectrale; le Dr Denis D'Amours et M. Alain Fréchet pour leur revue de ce rapport. Nos remerciements sont aussi adressés à l'égard de tout le personnel du Service Central Informatique de l'Institut pour le temps et l'information qu'ils ont mis à notre disposition; Mme Diane Morin pour la revue et la correction du texte; M. Lionel Corriveau pour la conception des nombreuses figures et à Mme Kathleen Deschênes pour la saisie du texte.

RÉFÉRENCES

Boudreault, F.-R., J.-N. Dupont et C. Sylvain. 1977. Modèles linéaires de prédiction des débarquements de homard aux Iles-de-la-Madeleine (Golfe du Saint-Laurent). J. Fish. Res. Board Can. 34: 379-383.

Box, G.E.P., and G.M. Jenkins. 1976. Time series analysis, forecas-ting and control. Holden-Day, Inc., San Francisco. CA. 575p.

Chatfield, C. 1984. The analysis of time series: an introduction. Chapman and Hall, New York. 286 p.

Csanady, G.T. 1982. Circulation in the coastal ocean. Reidel, Holland. 279 p.

Cushing, D.H. 1984. Climate and fisheries. New York. Academic Press. 373p.

Frank, K.T., and W.C. Leggett. 1982. Coastal water mass replacement: its effect on zooplankton dynamics and the predator-prey complex associated with larval capelin (**Mallotus villosus**). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39: 991-1003.

Fréchet, A., et P. Schwab. 1989. Évaluation du stock de morue de 3Pn, 4Rs en 1988. CSCPCA Document de recherche 89/55.

Jean, Y. 1964. Seasonal distribution of cod (**Gadus morhua**) along the Canadian Atlantic Coast in relation to water temperature. J. Fish. Res. Board Can. 21: 429-460.

Jeffries, H.P., A.A. Keller, and S.S. Hale. 1989. Predicting winter flounder (**Pseudopleuronectes americanus**) catches by time series analysis. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 46: 650-659.

Jenkins, G.M., and D.G. Watts. 1968. Spectral analysis and its applications. Holden-Day, San Francisco, CA. 525 p.

Jensen, A.L. 1985. Time series analysis and the forecasting of menhaden catch and CPUE. North Am. J. Fish. Manage. 5: 78-85.

Keller, A. 1987. Modeling and forecasting primary production rates using Box-Jenkins transfer function models. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44: 1045-1052.

Koutitonsky, V.G., and G.L. Bugden. 1990. The physical Oceanography of the Gulf of St. Lawrence: A review with emphasis on the synoptic variability of the motion. A contribution to the Laboratoire Océanologique de Rimouski and to the Bedford Institute of Oceanography.

Legendre, L. et P. Legendre. 1984. Écologie numérique, 2e ed. La structure des données écologiques. Masson, Paris et les Presses de l'Université du Québec. 335 p.

Legendre, P. 1985. The R package for multivariate data analysis. Département des Sciences Biologiques. Université de Montréal. 43 p.

Mendelssohn, R. 1981. Using Box-Jenkins models to forecast fishery dynamics: identification, estimation, and checking. Fish. Bull. 78(4): 887-896.

Mendelssohn, R., and P. Cury. 1987. Fluctuations of a forthnightly abundance index of the Ivoirian coastal pelagic species and associated environmental conditions. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44: 408-421.

Pennington, M. 1985. Estimating the relative abundance of fish from a series of trawl surveys. Biometrics 41: 197-202.

Pennington, M. 1986. Some statistical techniques for estimating abundance indices from trawl surveys. Fish. Bull. 84(3): 519-525.

Platt, T., and K.L. Denman 1975. Spectral analysis in ecology. Annu.Rev.Ecol.Syst. 6:189-210.

Ricker, W.E. 1954. Stock and recruitment. J. Fish. Res. Board Canada 11(5): 559-623.

Rose, G.A., and W.C Leggett. 1988a. Atmosphere-ocean coupling in the northern Gulf of St.Lawrence:frequency-dependent wind-forced variations in nearshore sea temperatures and currents. Can. J. Fish. Aquat. Sci.45: 1222-1233.

Rose, G.A., and W.C. Leggett. 1988b. Atmosphere-ocean coupling and Atlantic cod migrations: effects of wind-forced variations in sea temperatures and currents on nearshore distributions and catch rates of **Gadus morhua**. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45: 1234-1243.

Saila, S.B., M. Wigbout, and R.J. Lermit. 1980. Comparison of some time series models for the analysis of fisheries data. J. Cons. int. Explor. Mer, 39(1): 44-52.

SAS. 1982. SAS/ETS User's Guide. Version 5 Edition. SAS Institute Inc., Box 8000, Cary, NC. 27511. 738 p.

SAS. 1986. SAS System for forecasting time series. SAS Institute Inc., Box 8000, Cary, NC. 27511. 240 p.

Schneider, D.C., and D.A. Methven. 1988. Response of capelin to wind-induced thermal events in the southern Labrador Current. J. Mar. Res. 46: 105-118.

Scott, J.S. 1982. Depth, temperature, and salinity preferences of common fishes of the Scotian Shelf. J. Northwest Atl. Fish. Sci. 3: 29-39.

Sokal, R.R., and F.J. Rohlf. 1981. Biometry. 2nd ed. W.H. Freeman and Co., San Francisco, CA. 859 p.

Stergiou, K.I. 1989. Modelling and forecasting the fishery for pilchard (**Sardina pilchardus**) in Greek waters using ARIMA time-series models. J. Cons.int.Explor. Mer,46:16-23.

Taggart, C.T., and K.T. Frank. 1987. Coastal upwelling and Oikopleura occurrence ("slub"): a model and potential application to inshore fisheries. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44: 1729-1736.

Templeman, W., and A.W. May. 1965. Research vessel catches of cod in the Hamilton Inlet Bank area in relation to depth and temperature. Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Spec. Publ. 6: 149-165.

Templeman, W. 1966. Marine resources of Newfoundland. Bull. Fish. Res. Board Can. 154: 170 p.

Thomson, R.E. 1984. Océanographie de la côte de la Colombie-Britannique, Publ. spéc. can. sci. halieut., 56: 317 p.

Wooster, W.S., and K.M. Bailey. 1989. Recruitment of marine fishes revisited, p. 153-159. In R.J. Beamish and G.A. McFarlane [ed.] Effects of ocean variability on recruit ment and an evaluation of parameters used in stock assessment models. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 108.

Tableau 1. Coefficients Lambda L2* et limites de confiance à 95% L1 et L3 de la transformation Box-Cox sur les composantes parallèles à la rive calculées aux stations de Blanc Sablon et Chevery, 1985 à 1989.

BLANC SABLON				CHEVERY			
1985	L1	L2	L3	1985	L1	L2	L3
	1.1821	1.5531	1.9741		1.3700	1.8780	2.4750
1986	L1	L2	L3	1986	L1	L2	L3
	0.6680	0.8780	1.1090		0.8191	1.0611	1.3331
1987	L1	L2	L3	1987	L1	L2	L3
	0.9501	1.2581	1.6021		1.0888	1.3968	1.7488
1988	L1	L2	L3	1988	L1	L2	L3
	1.0522	1.3902	1.7832		—	—	—
1989	L1	L2	L3	1989	L1	L2	L3
	1.0578	1.4258	1.8498		—	—	—

* Transformation de Box-Cox, $Y' = (Y^{Lambda} - 1)/Lambda$ pour $Lambda \neq 0$

Tableau 2. Coefficients Lambda L2 et limites de confiance à 95% L1 et L3 de la transformation Box-Cox sur les valeurs de stress calculées aux stations de Blanc Sablon et Chevery, 1985 à 1989.

BLANC SABLON				CHEVERY			
1985	L1	L2	L3	1985	L1	L2	L3
	0.8362	1.0272	1.2332		1.0038	1.2198	1.4488
1986	L1	L2	L3	1986	L1	L2	L3
	1.2713	1.5523	1.8703		—	—	—
1987	L1	L2	L3	1987	L1	L2	L3
	2.8701	3.4011	3.9651		2.3654	2.8554	3.3704
1988	L1	L2	L3	1988	L1	L2	L3
	1.5553	1.9503	2.3323		—	—	—
1989	L1	L2	L3	1989	L1	L2	L3
	1.3443	1.6433	1.9803		—	—	—

Tableau 3. Coefficients Lambda L2 et limites de confiance à 95% L1 et L3 de la transformation Box-Cox sur les débarquements dans 4Sv et 4Sw, 1985 à 1989.

4Sv				4Sw			
1985	L1	L2	L3	1985	L1	L2	L3
	0.2229	0.3229	0.4249		0.1298	0.2109	0.2949
1986	L1	L2	L3	1986	L1	L2	L3
	0.1339	0.2319	0.3329		0.0631	0.1551	0.2491
1987	L1	L2	L3	1987	L1	L2	L3
	0.1254	0.2254	0.3314		0.1426	0.2496	0.3636
1988	L1	L2	L3	1988	L1	L2	L3
	0.1206	0.2246	0.3276		0.1309	0.2289	0.3299
1989	L1	L2	L3	1989	L1	L2	L3
	0.2376	0.3436	0.4516		0.0786	0.1706	0.2636

Tableau 4. Résultats des tests de normalité après transformation BoxCox pour HO: les valeurs de la série correspondante proviennent d'une distribution qui n'est pas différente de la normalité.

	1985		1986		1987		1988		1989	
	Distance	Conclusion	Distance	Conclusion	Distance	Conclusion	Distance	Conclusion	Distance	Conclusion
C. Parallèle B.S.	0.0809	NR [1]	0.0603	NR	0.1012	R	0.0943	R	0.0714	NR
C. Parallèle Chev.	0.0592	NR	0.0826	NR	0.0573	NR	---	-	---	-
Stress B.S.	0.1520	R [2]	0.1270	R	0.1785	R	0.1592	R	0.1256	R
Stress Chev.	0.1468	R	---	-	0.1659	R	---	-	---	-
Débarquements 4Sv	0.0828	NR	0.0663	NR	0.1020	R	0.1185	R	0.0944	R
Débarquements 4Sv	0.1004	R	0.0979	R	0.0599	NR	0.0944	R	0.0924	R

1, Non rejetée

2, Rejetée

Tableau 5. Coefficients de corrélation de Pearson et valeurs de P (n = 133) entre les différentes composantes déphasées et parallèles à la rive, pour Blanc Sablon, du 20 mai au 30 septembre 1985 à 1989.

1985

	LAG 1	LAG 2	LAG 3	LAG 4
LAG 0	.3607	.1283	.1601	.0775
	.0001	.1411	.0656	.3751
LAG 1		.3636	.1277	.1524
		.0001	.1431	.0799
LAG 2			.3613	.1285
			.0001	.1405
LAG 3				.3620
				.0001

1986

	LAG 1	LAG 2	LAG 3	LAG 4
LAG 0	.4899	.0343	-.1490	-.0992
	.0001	.6947	.0869	.2560
LAG 1		.4909	.0351	-.1489
		.0001	.6883	.0872
LAG 2			.4920	.0348
			.0001	.6910
LAG 3				.4920
				.0001

1987

	LAG 1	LAG 2	LAG 3	LAG 4
LAG 0	.4128	.0891	.0666	-.0699
	.0001	.3076	.4464	.4238
LAG 1		.4150	.0911	.0682
		.0001	.2968	.4353
LAG 2			.4191	.0966
			.0001	.2689
LAG 3				.4192
				.0001

1988

	LAG 1	LAG 2	LAG 3	LAG 4
LAG 0	.5127	.1894	.1019	.0905
	.0001	.0290	.2433	.3000
LAG 1		.5199	.1896	.0966
		.0001	.0289	.2687
LAG 2			.5077	.1723
			.0001	.0473
LAG 3				.5068
				.0001

1989

	LAG 1	LAG 2	LAG 3	LAG 4
LAG 0	.5076	.1912	.1031	-.0064
	.0001	.0275	.2376	.9416
LAG 1		.5098	.2004	.1227
		.0001	.0207	.1594
LAG 2			.5197	.2104
			.0001	.0151
LAG 3				.5041
				.0001

Tableau 6. Coefficients de corrélation de Pearson et valeurs de P (n = 133) entre les différentes composantes déphasées et parallèles à la rive, pour Chevery, du 20 mai au 30 septembre 1985 à 1987.

1985

	LAG 1	LAG 2	LAG 3	LAG 4
LAG 0	.3071	.0003	.1093	.0146
	.0003	.9974	.2105	.8672
LAG 1		.3206	.0036	.1019
		.0002	.9675	.2432
LAG 2			.3192	.0107
			.0002	.9029
LAG 3				.3213
				.0002

1986

	LAG 1	LAG 2	LAG 3	LAG 4
LAG 0	.5739	.1764	-.1060	-.2086
	.0001	.0422	.2247	.0160
LAG 1		.5738	.1772	-.1092
		.0001	.0412	.2109
LAG 2			.5718	.1629
			.0001	.0610
LAG 3				.5674
				.0001

1987

	LAG 1	LAG 2	LAG 3	LAG 4
LAG 0	.3725	.0218	.0809	-.0267
	.0001	.8031	.3543	.7603
LAG 1		.3765	.0221	.0769
		.0001	.8006	.3789
LAG 2			.3771	.0281
			.0001	.7485
LAG 3				.3791
				.0001

Tableau 7. Modèles de Box-Jenkins déterminés à partir des séries des valeurs logarithmiques des débarquements de l'unité statistique 4Sv, 1985 à 1989.

ANNÉE	AR							I	MA						
	1	2	3	4	5	6	7		1	2	3	4	5	6	7
1985		X	X		X		X								
1986	X			X	X		X								
1987	X		X		X		X	7							
1988					X	X		1	X	X					
1989			X				X								

Tableau 8. Projections des logarithmes des débarquements de morues, limites inférieures et supérieures à 95%, exécutées jusqu'à 7 jours à partir des modèles Box-Jenkins correspondants.

ANNÉE	MODELE	JOURS JULIENS	PROJECTIONS	L. INFÉ.	L. SUPÉ.
85	AR (7)	138	1.7436	-0.2348	3.7220
		139	1.1355	-0.8429	3.1139
		140	2.4943	0.5078	4.4808
		141	0.7838	-1.2096	2.7771
		142	2.3940	0.4005	4.3874
		143	1.2918	-0.7193	3.3030
		144	1.2950	-0.7162	3.3063
86	AR (7)	138	1.2517	-0.5423	3.0458
		139	1.3609	-0.5248	3.2467
		140	1.2811	-0.6140	3.1762
		141	1.1693	-0.7268	3.0654
		142	1.5589	-0.3498	3.4676
		143	1.2395	-0.7211	3.2001
		144	1.3569	-0.6218	3.3356
87	ARIMA (770)	138	0.2738	-1.7598	2.3074
		139	-0.1539	-2.2174	1.9095
		140	0.5241	-1.5402	2.5885
		141	0.6841	-1.4203	2.7884
		142	1.7274	-0.3815	3.8364
		143	0.0110	-2.1122	2.1342
		144	1.4503	-0.6788	3.5794
88	ARIMA (612)	138	1.0668	-0.8323	2.9659
		139	1.2131	-0.7598	3.1860
		140	0.7425	-1.2594	2.7445
		141	0.8598	-1.1709	2.8904
		142	0.7890	-1.2699	2.8478
		143	1.1039	-1.0652	3.2729
		144	0.9717	-1.2028	3.1462
89	AR (7)	138	2.5899	0.6067	4.5732
		139	2.0193	0.0360	4.0026
		140	0.5390	-1.4443	2.5222
		141	2.3280	0.2967	4.3593
		142	2.6739	0.6426	4.7051
		143	0.7403	-1.2910	2.7716
		144	1.0543	-0.9793	3.0879

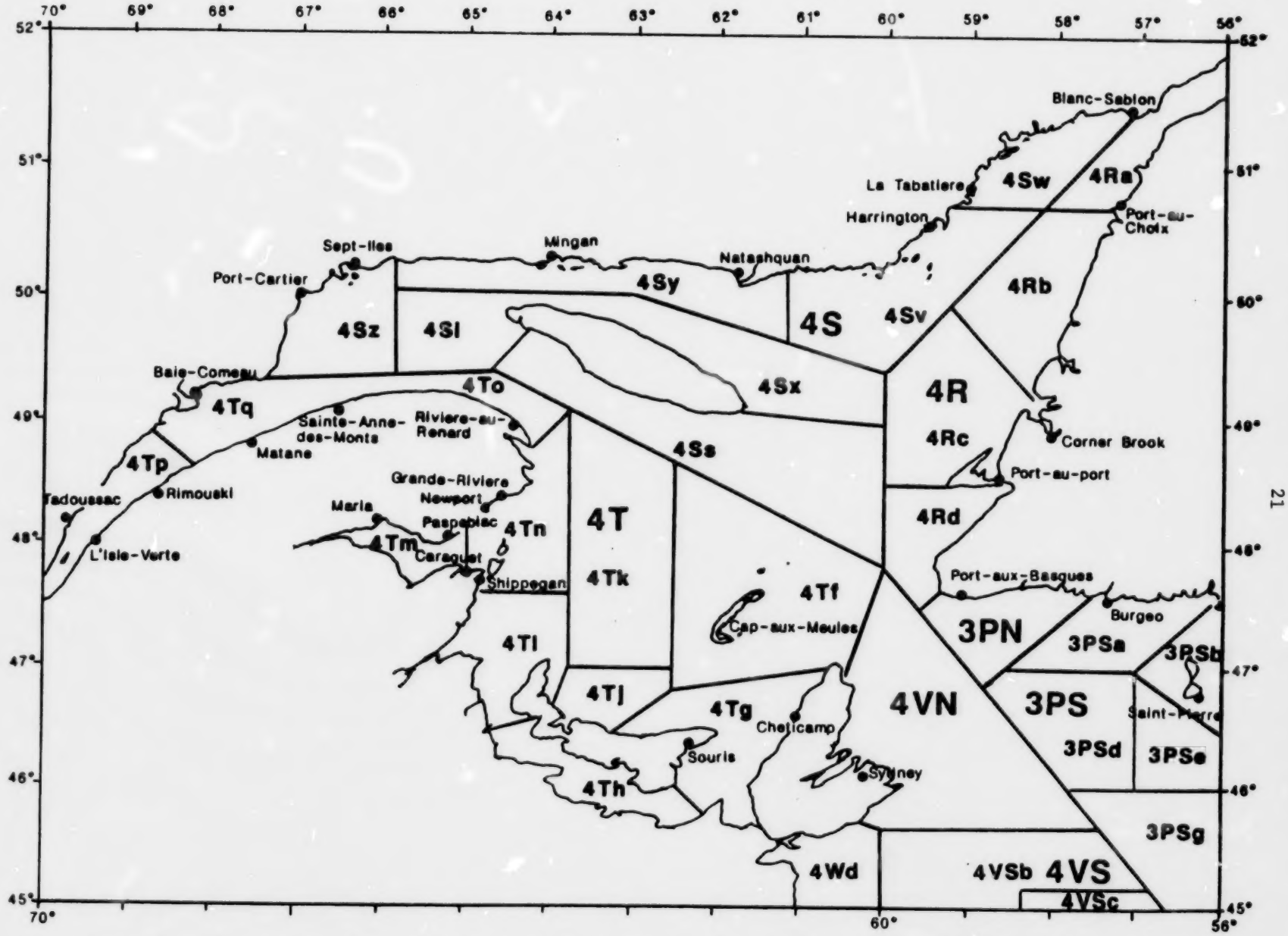


Figure 1. Carte du golfe du Saint-Laurent illustrant la position de Blanc Sablon et des différentes unités statistiques.

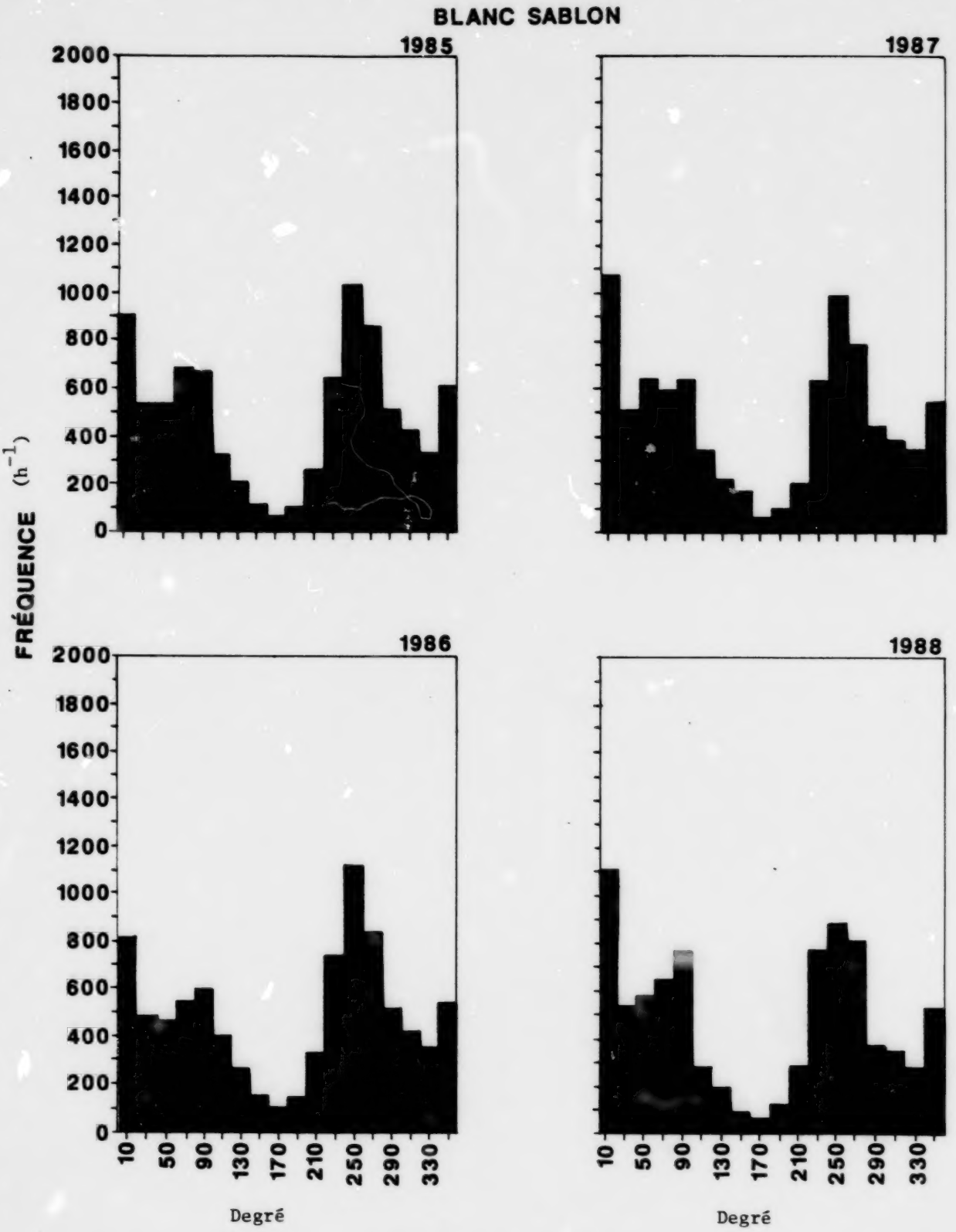


Figure 2. Distribution des fréquences horaires annuelles des directions de provenance du vent, Blanc Sablon, 1985 à 1989.

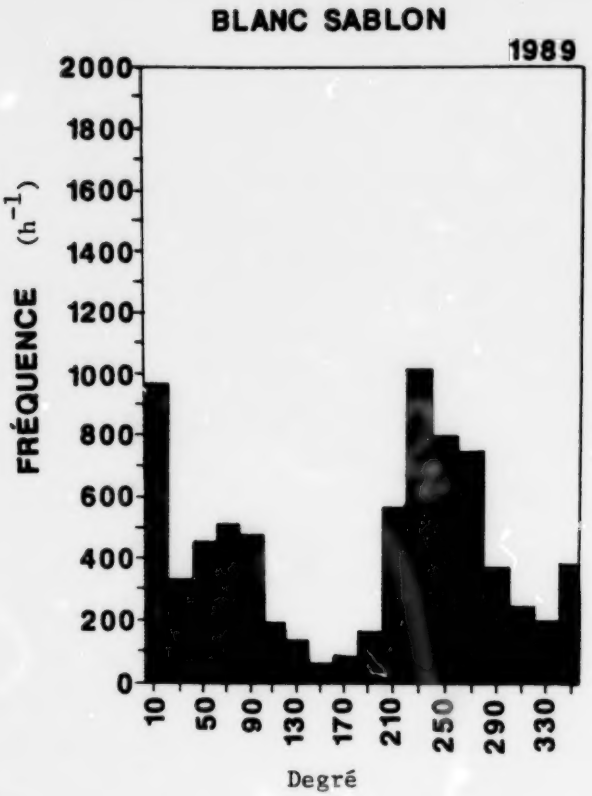


Figure 2. (suite).

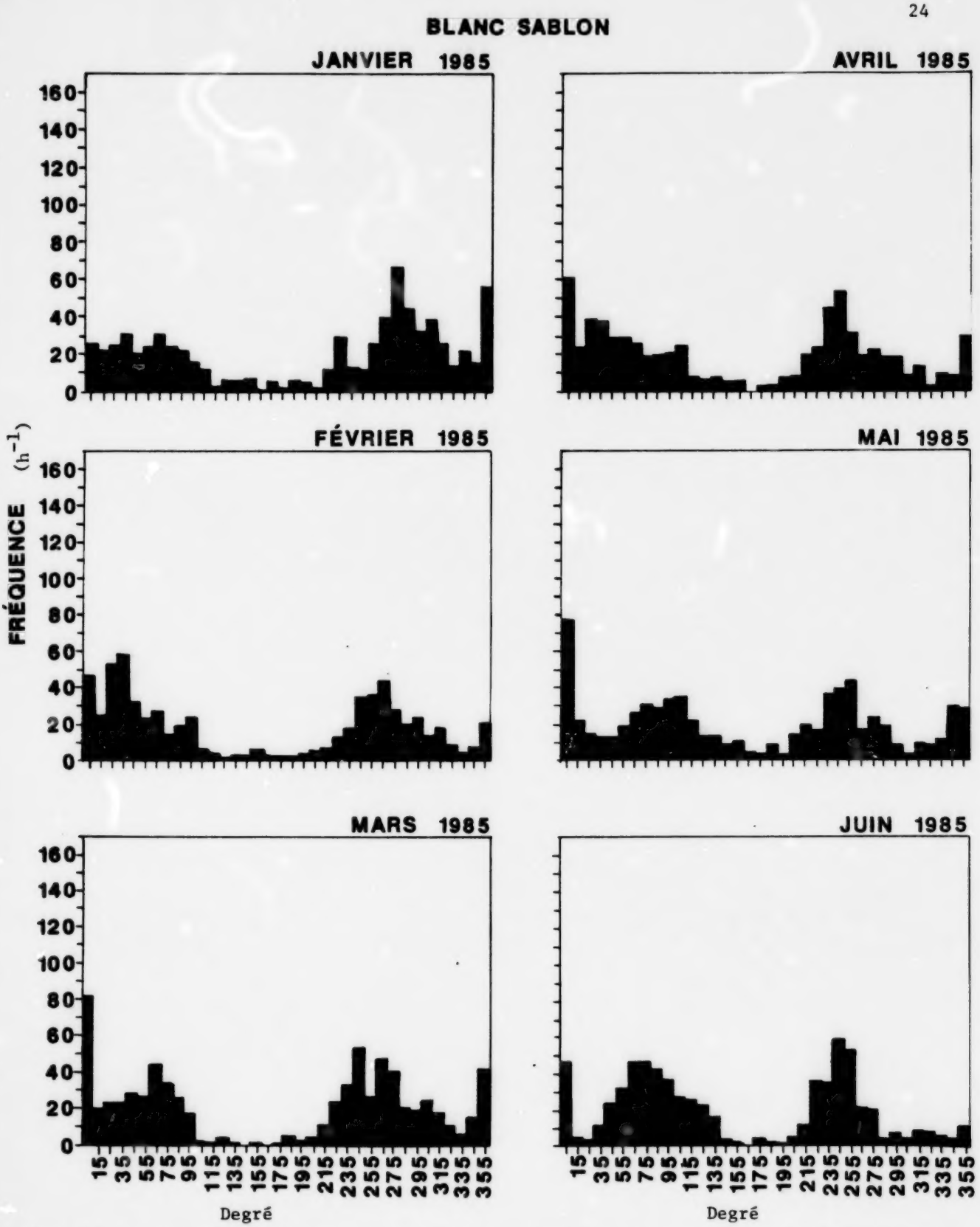


Figure 3. Distribution des fréquences horaires mensuelles des directions de provenance du vent, Blanc Sablon, 1985.

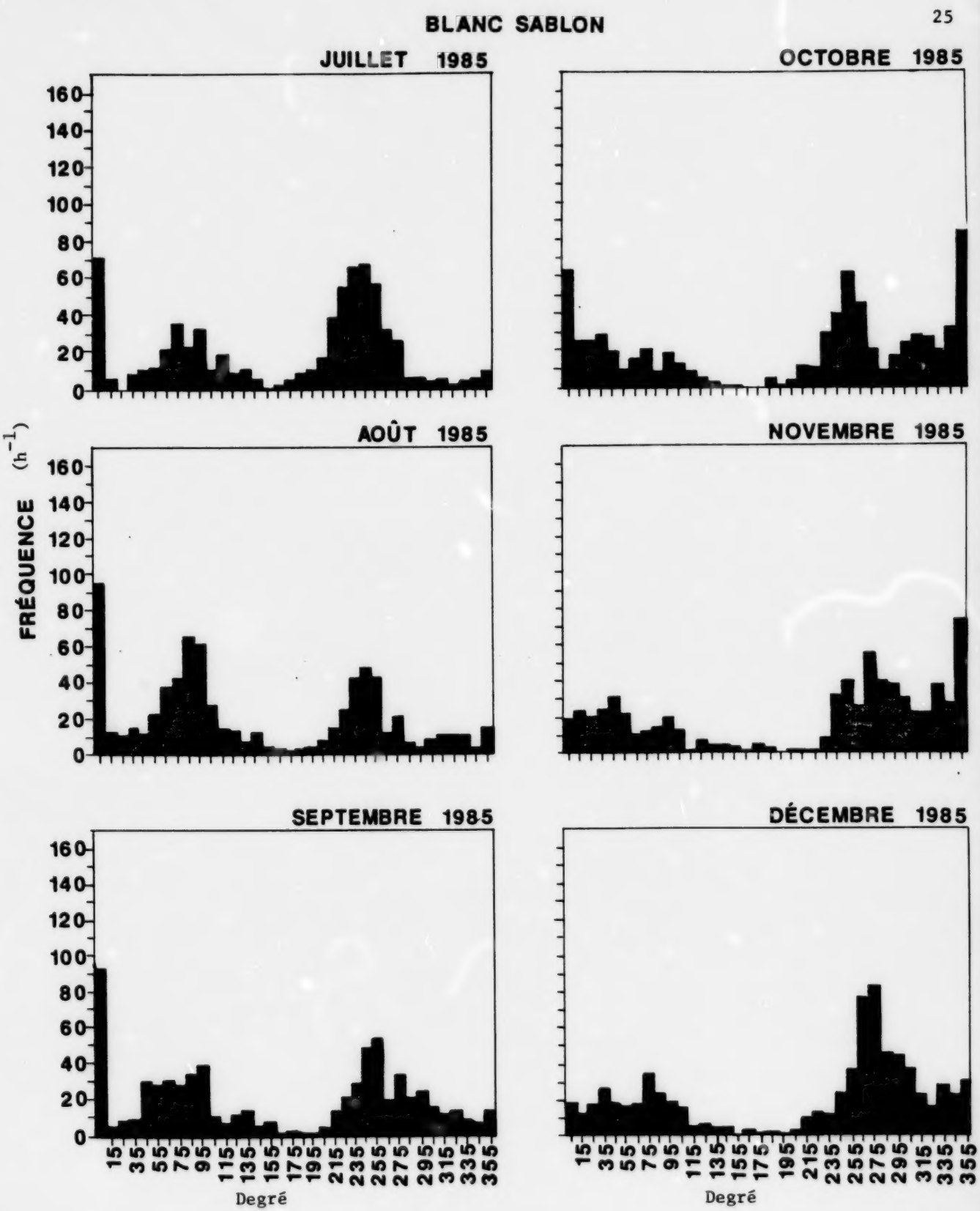


Figure 3. (suite).

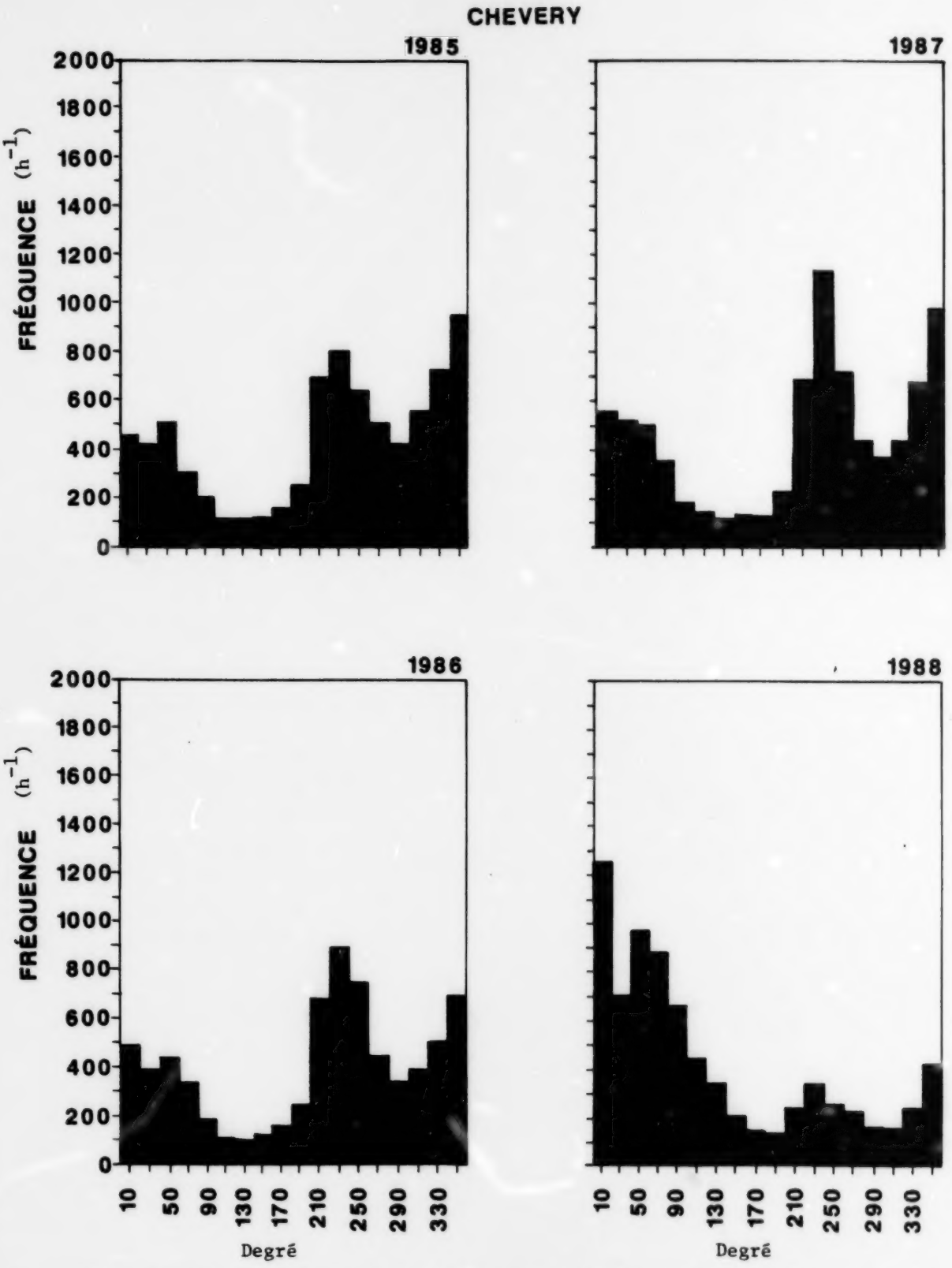


Figure 4. Distribution des fréquences horaires annuelles des directions de provenance du vent, Chevery, 1985 à 1989.

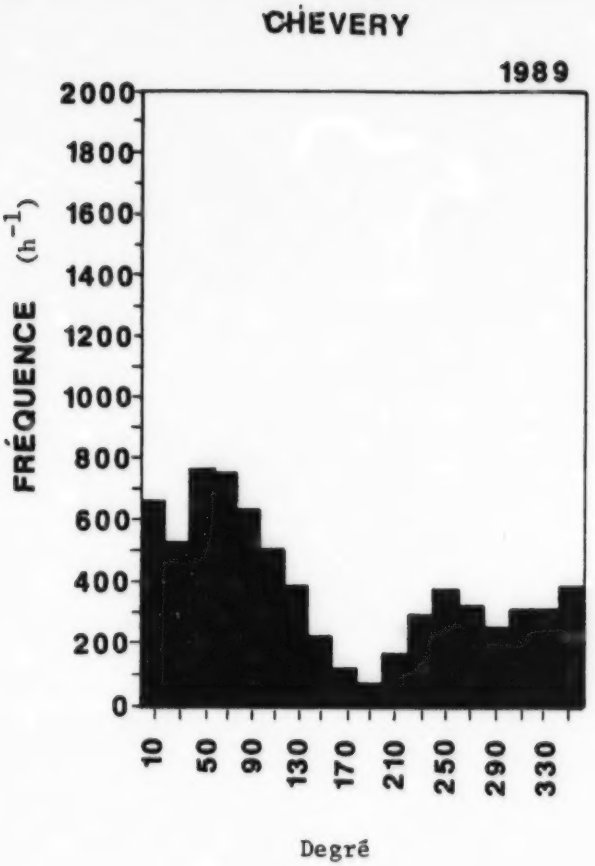


Figure 4. (suite).

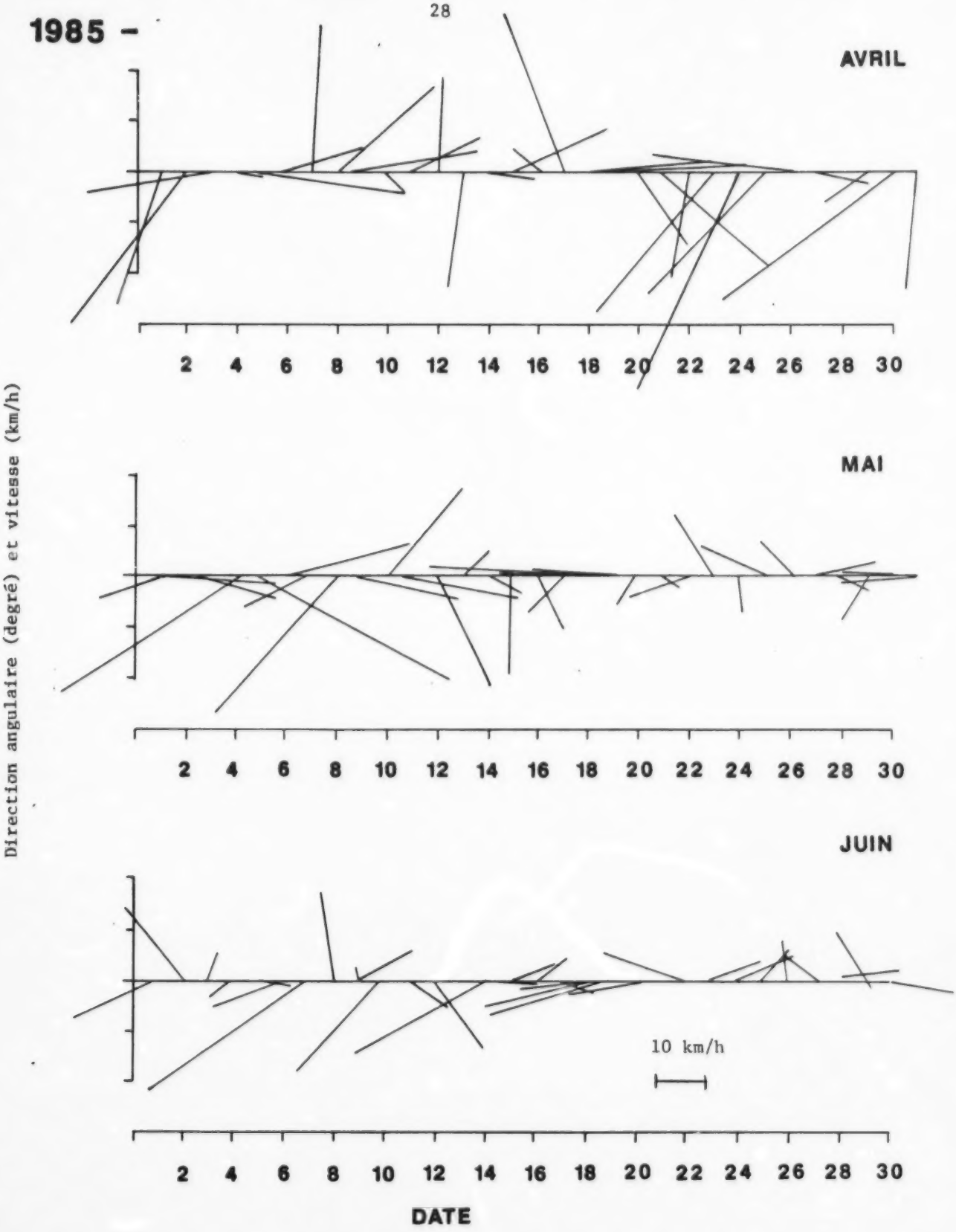


Figure 5. Directions vraies (après rotation de 180 degrés) de la vitesse du vent enregistrées à Blanc Sablon d'avril à septembre 1985.

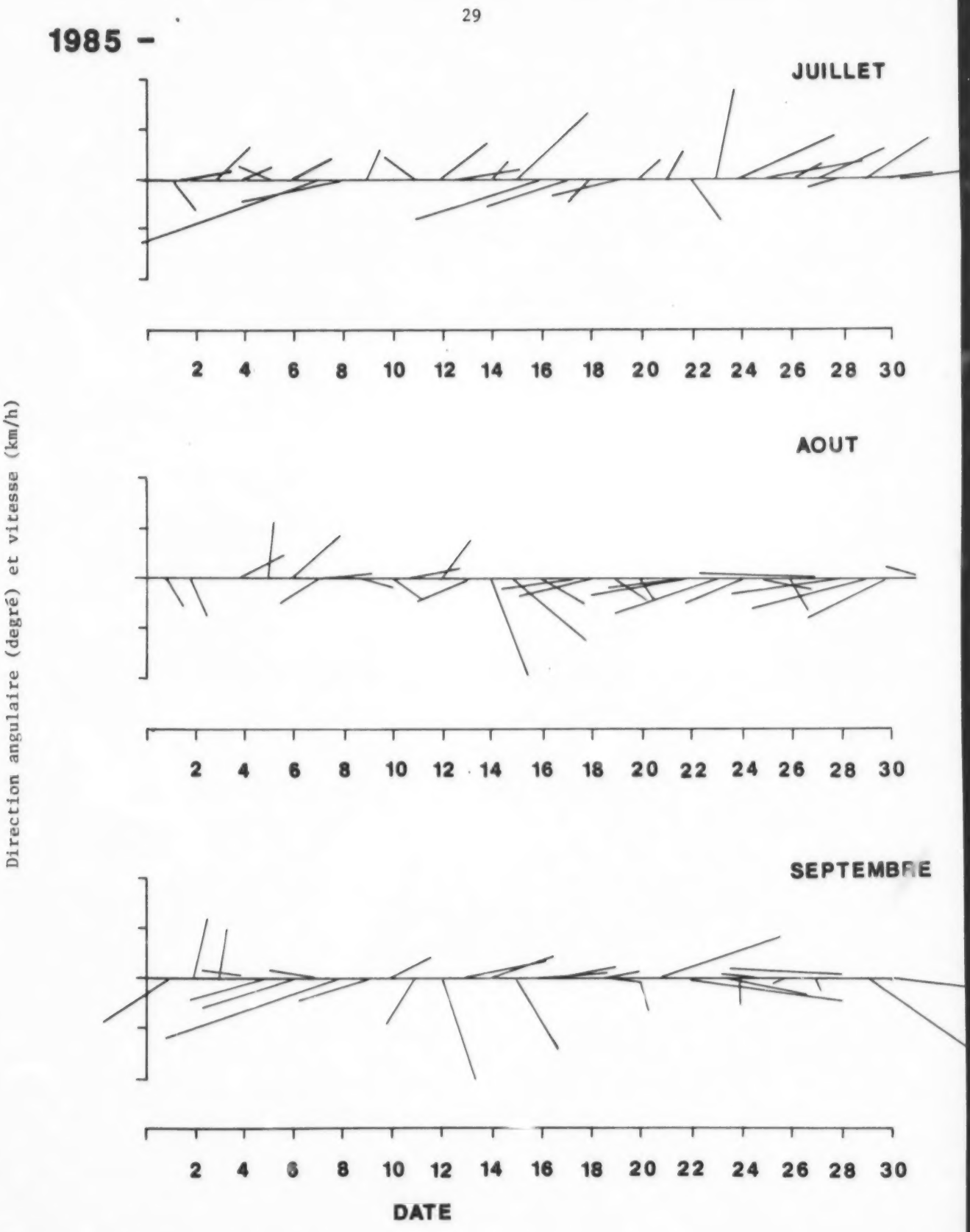


Figure 5. (suite).

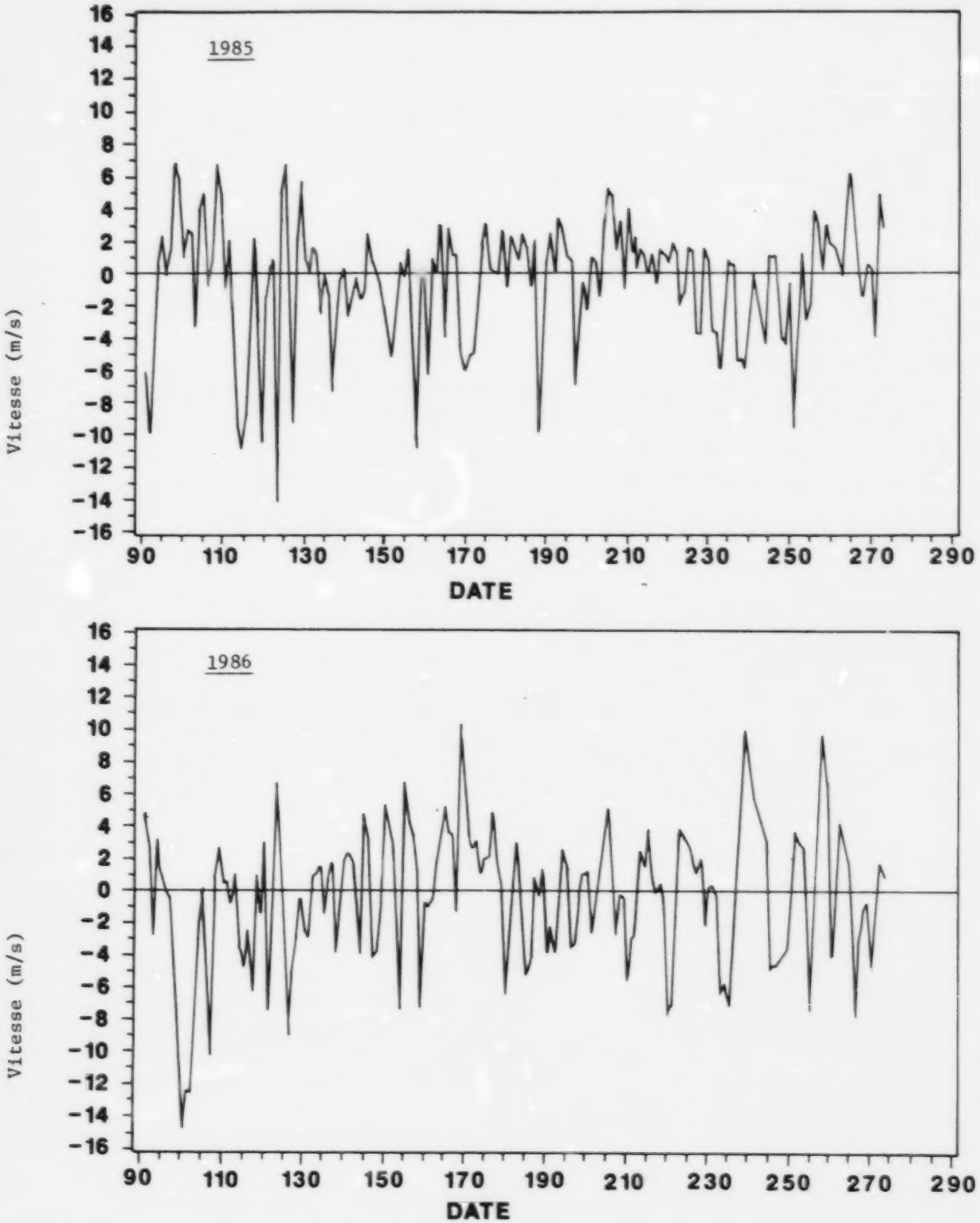


Figure 6. Composantes moyennes journalières des vents parallèles à la rive calculées à partir des données provenant de Blanc Sablon, 1985 à 1989.

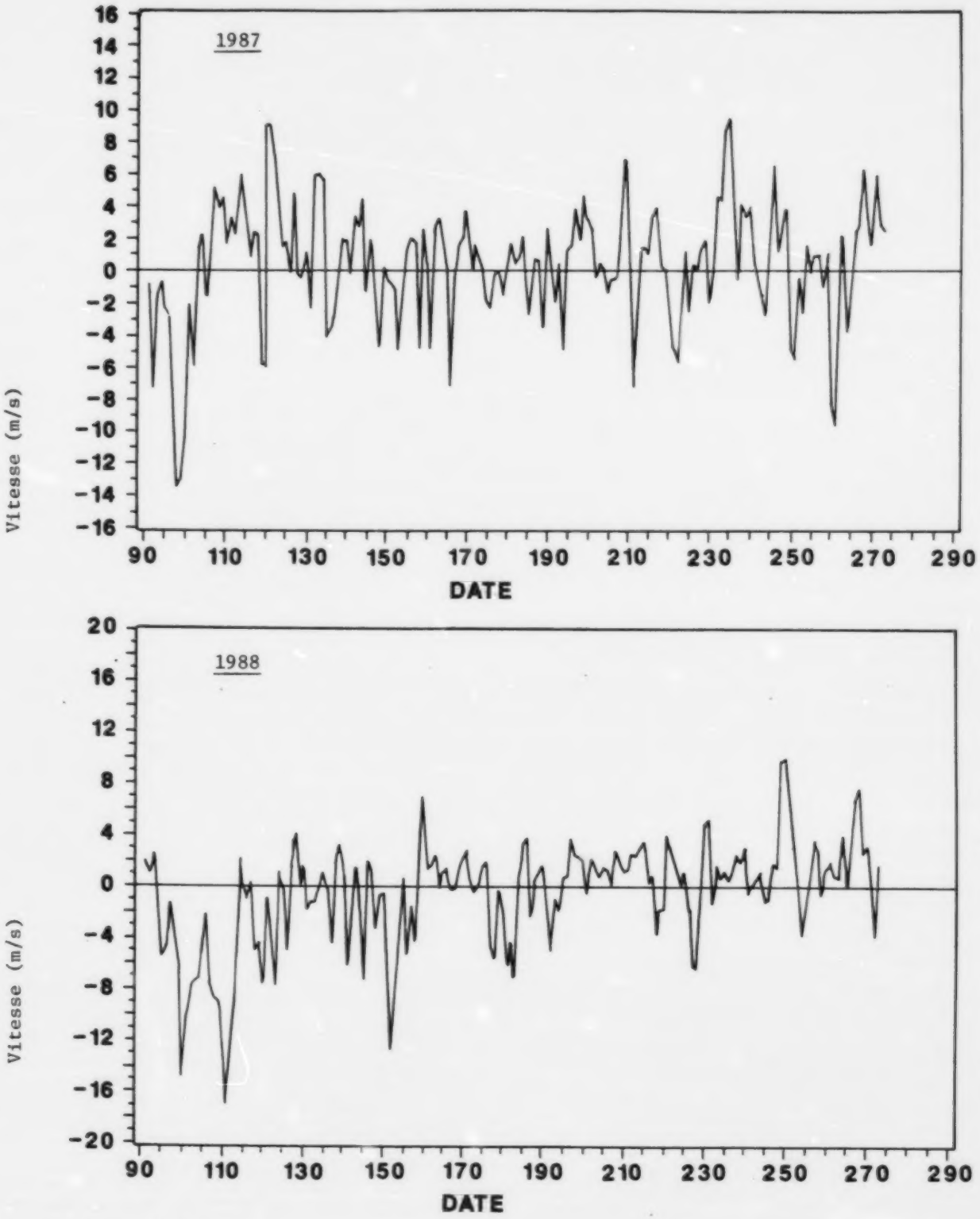


Figure 6. (suite).

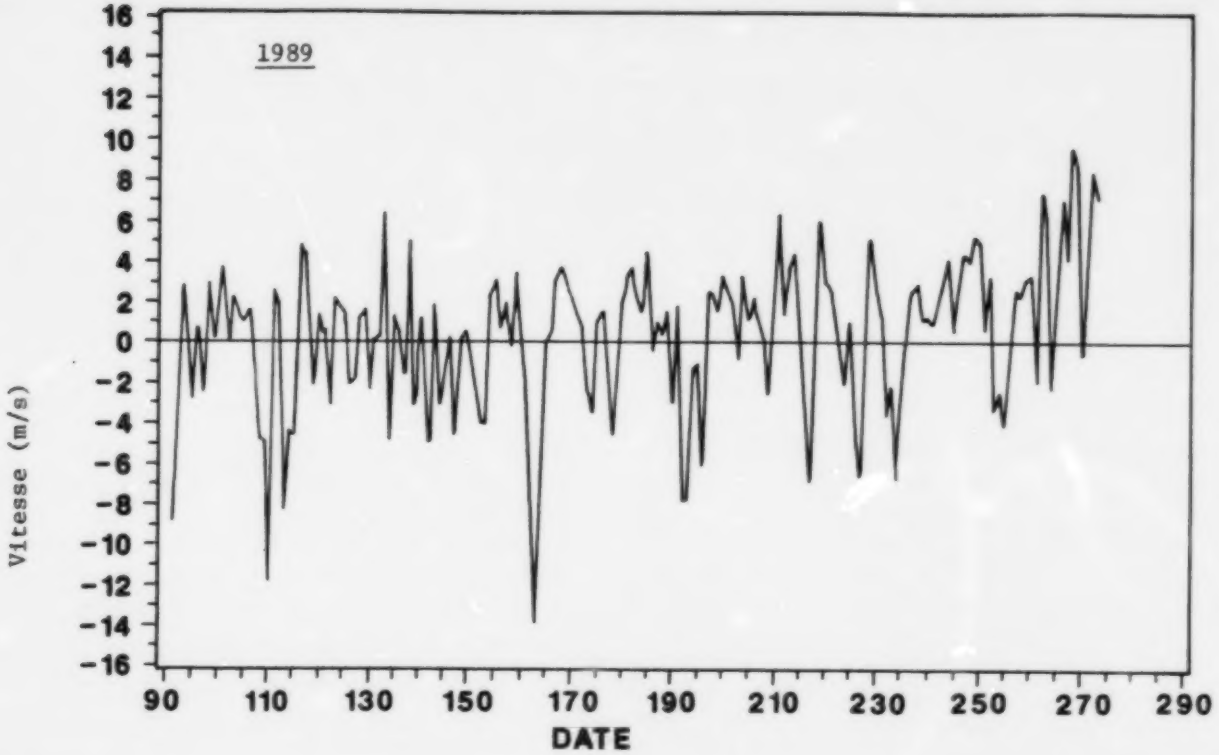


Figure 6. (suite).

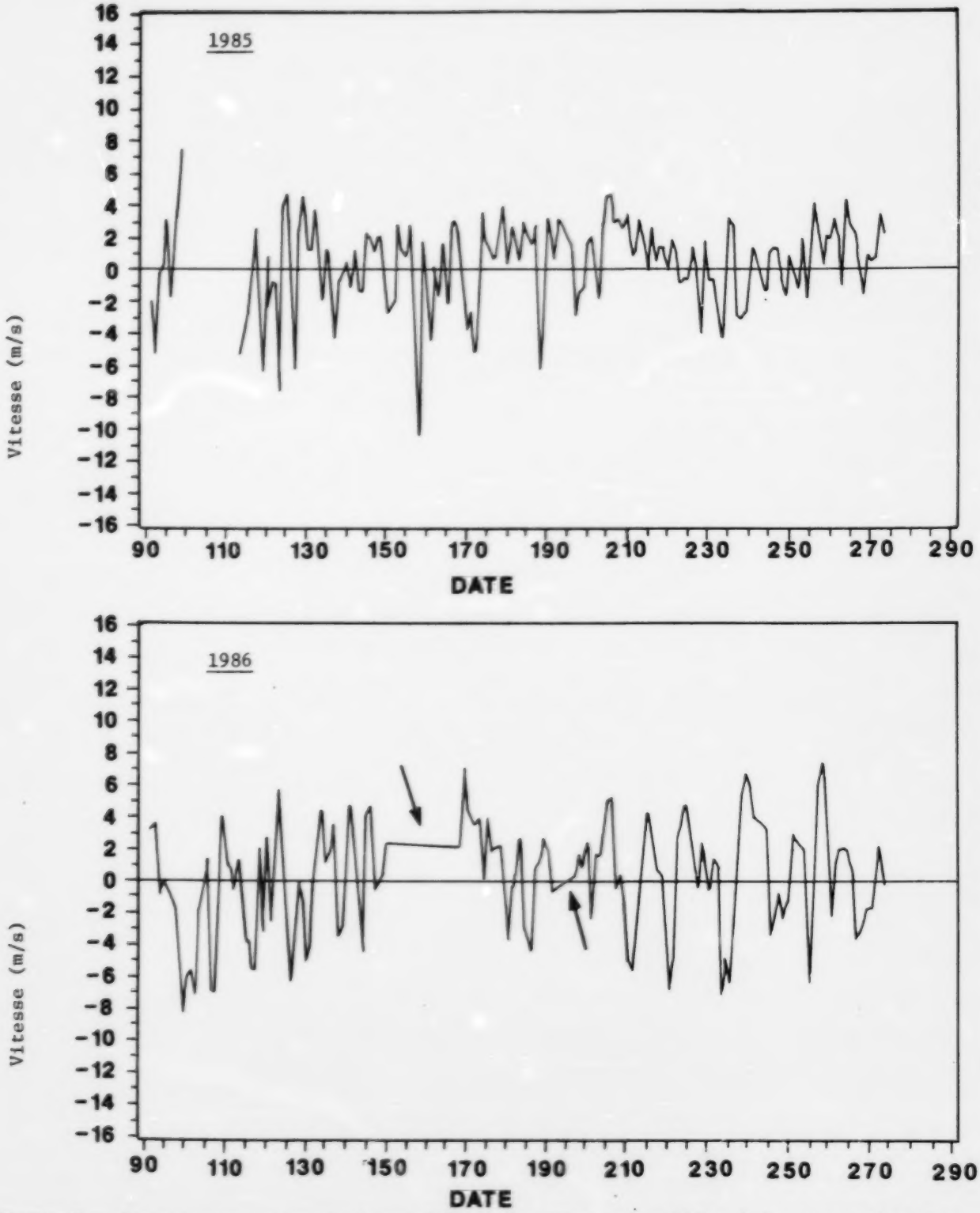


Figure 7. Composantes moyennes journalières des vents parallèles à la rive calculées à partir des données provenant de Chevery, 1985 à 1989 (les flèches indiquent des anomalies de fonctionnement de l'appareil).

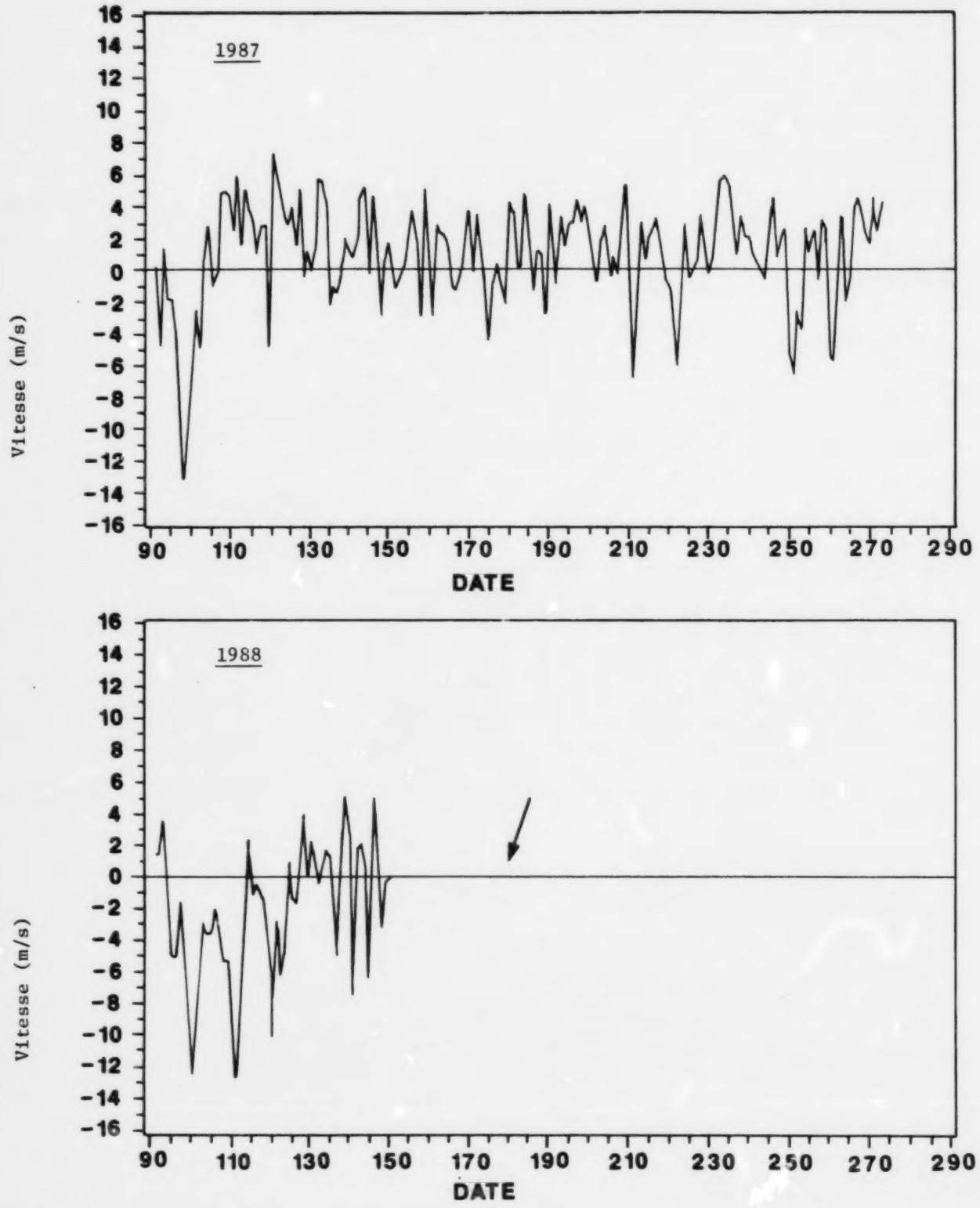


Figure 7. (suite).

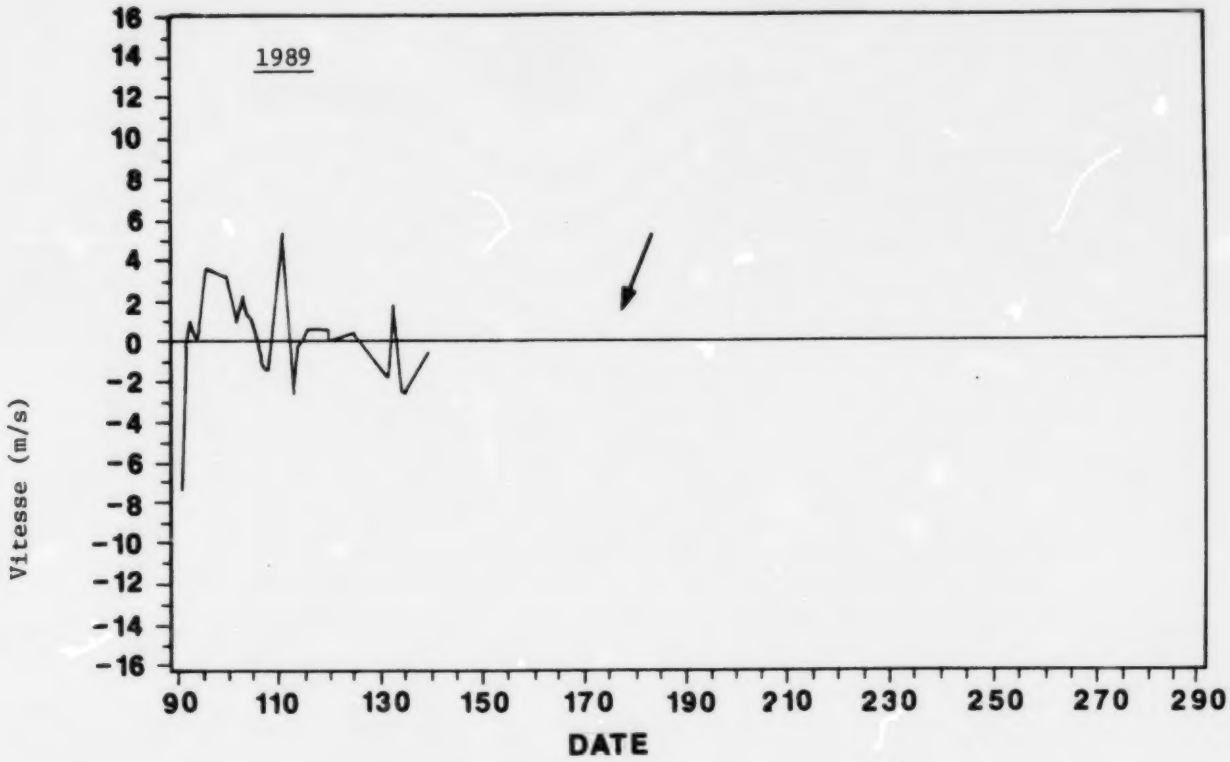


Figure 7. (suite).

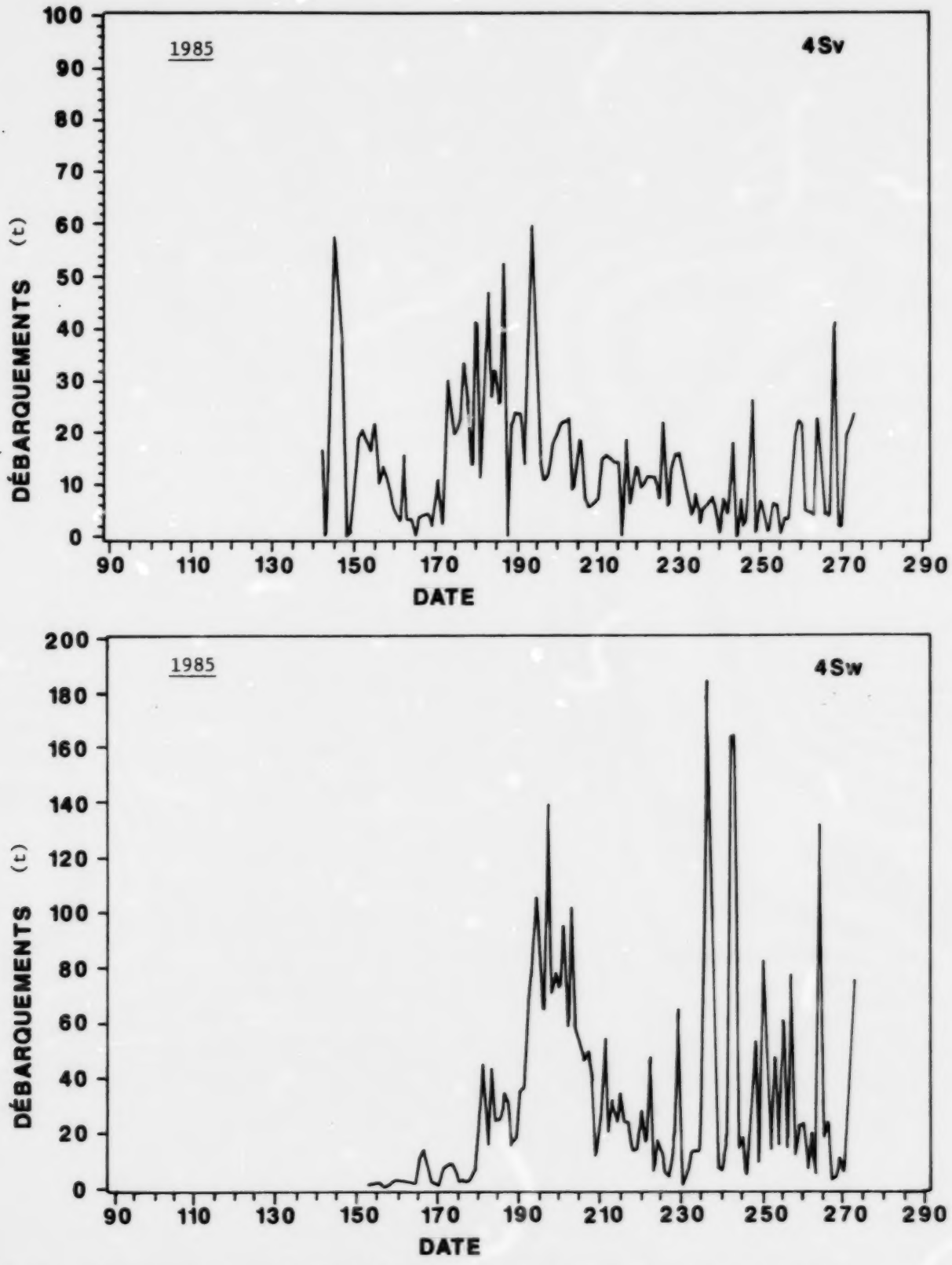


Figure 8. Débarquements journaliers (tonne) de morues capturées par les engins fixes des unités statistiques 4Sv et 4Sw.

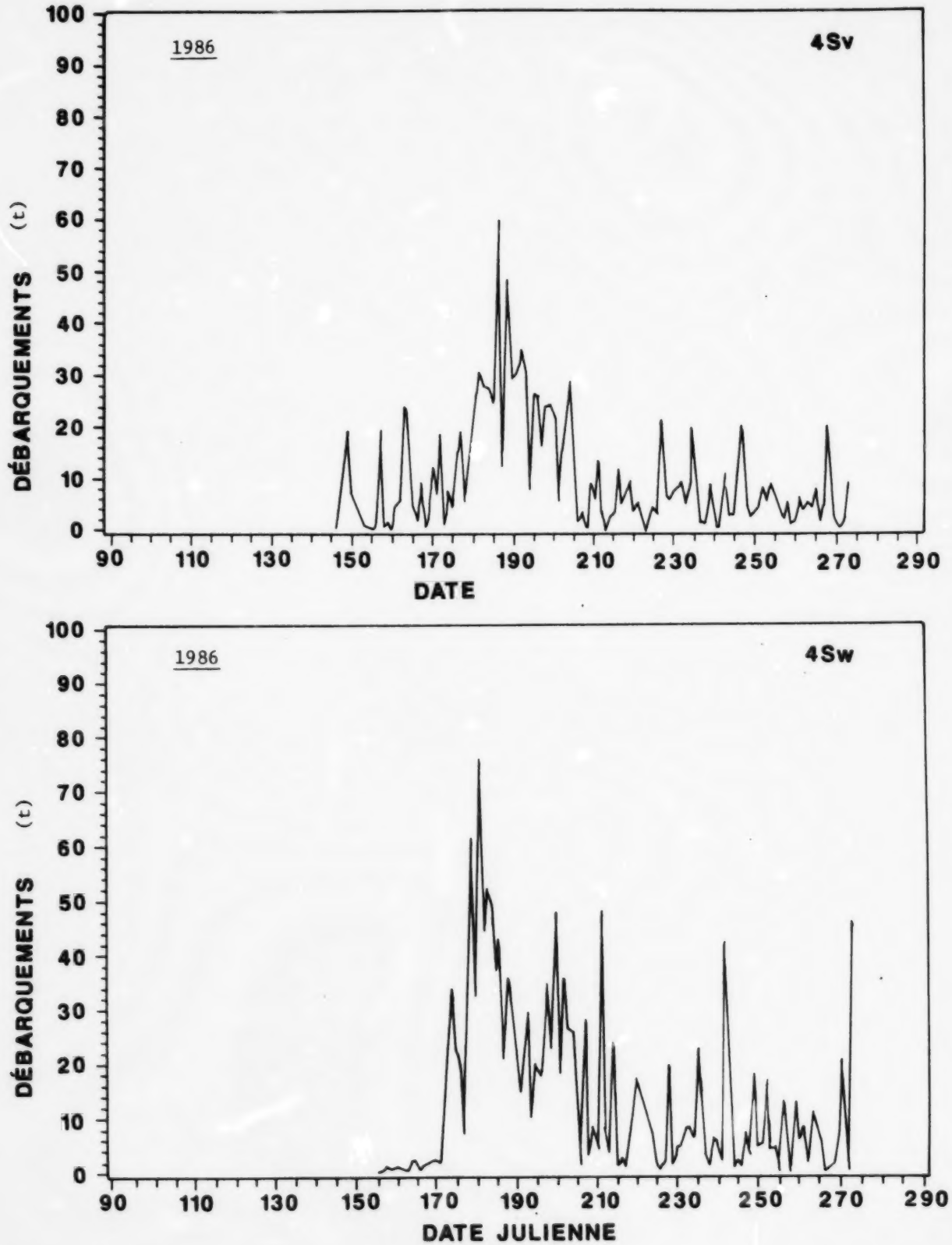
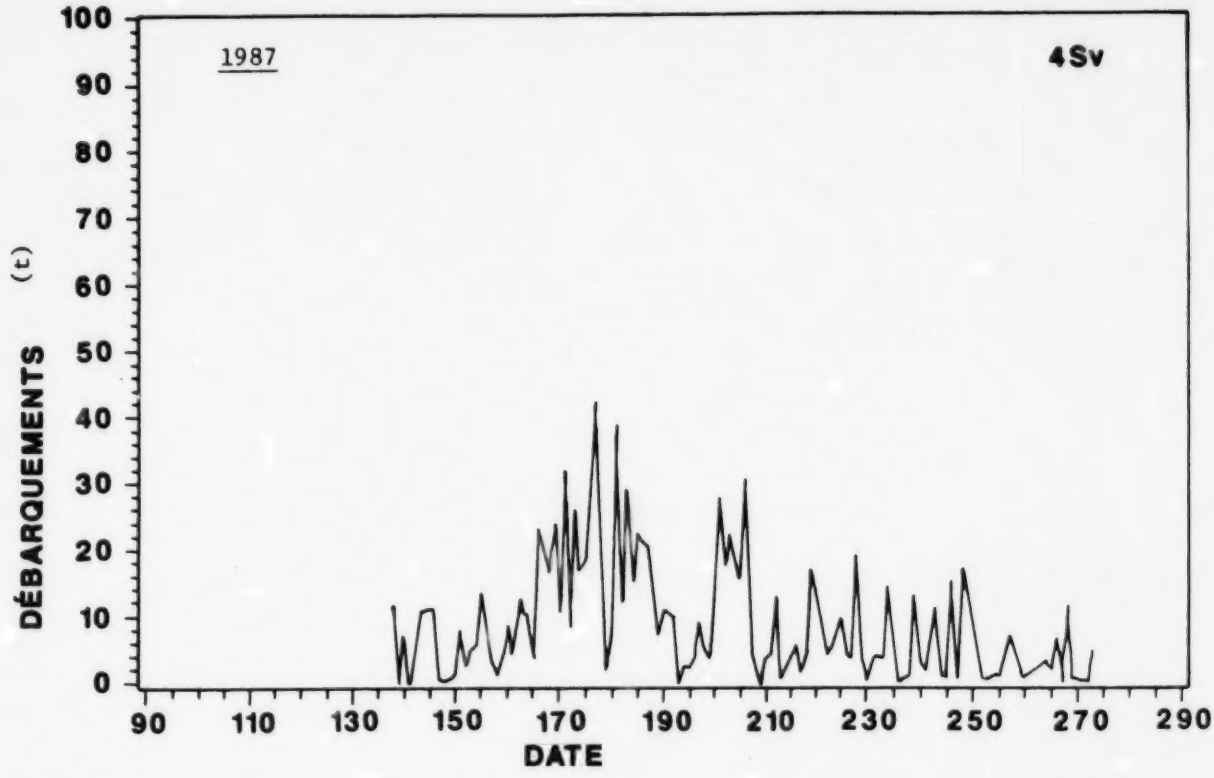


Figure 8. (suite).



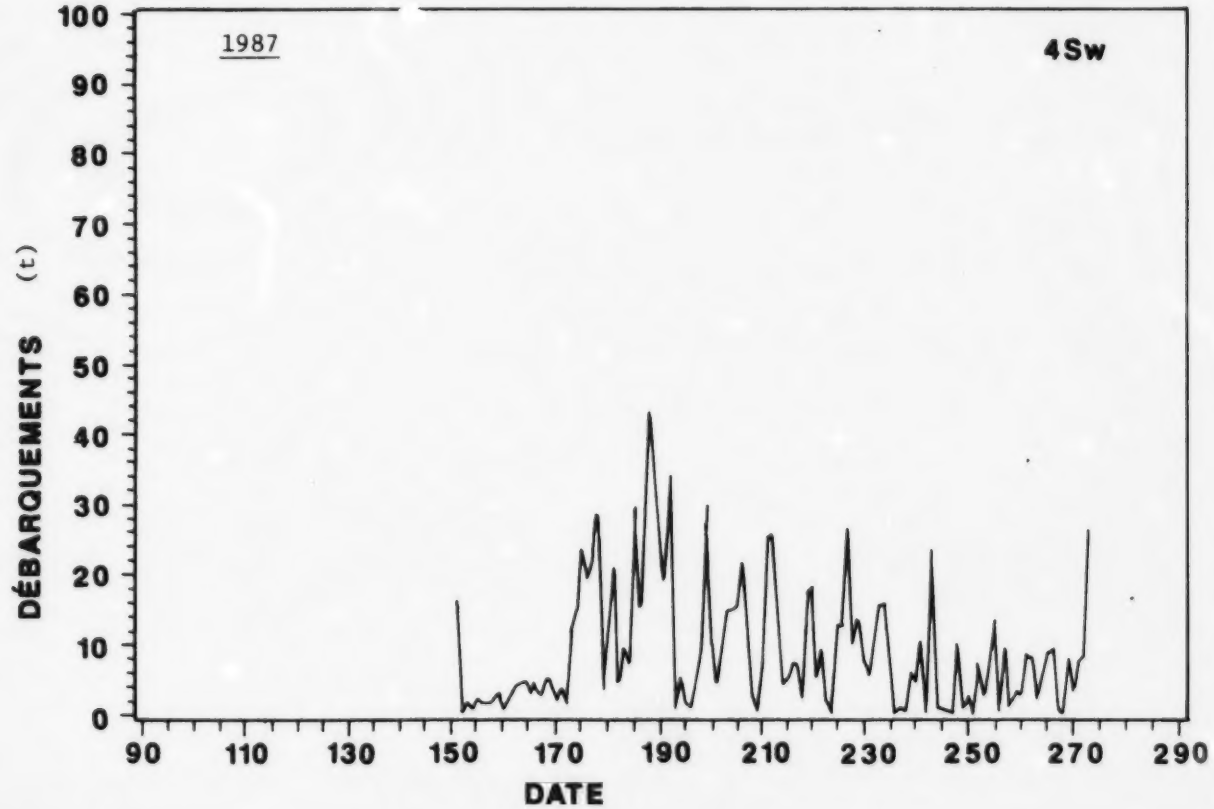
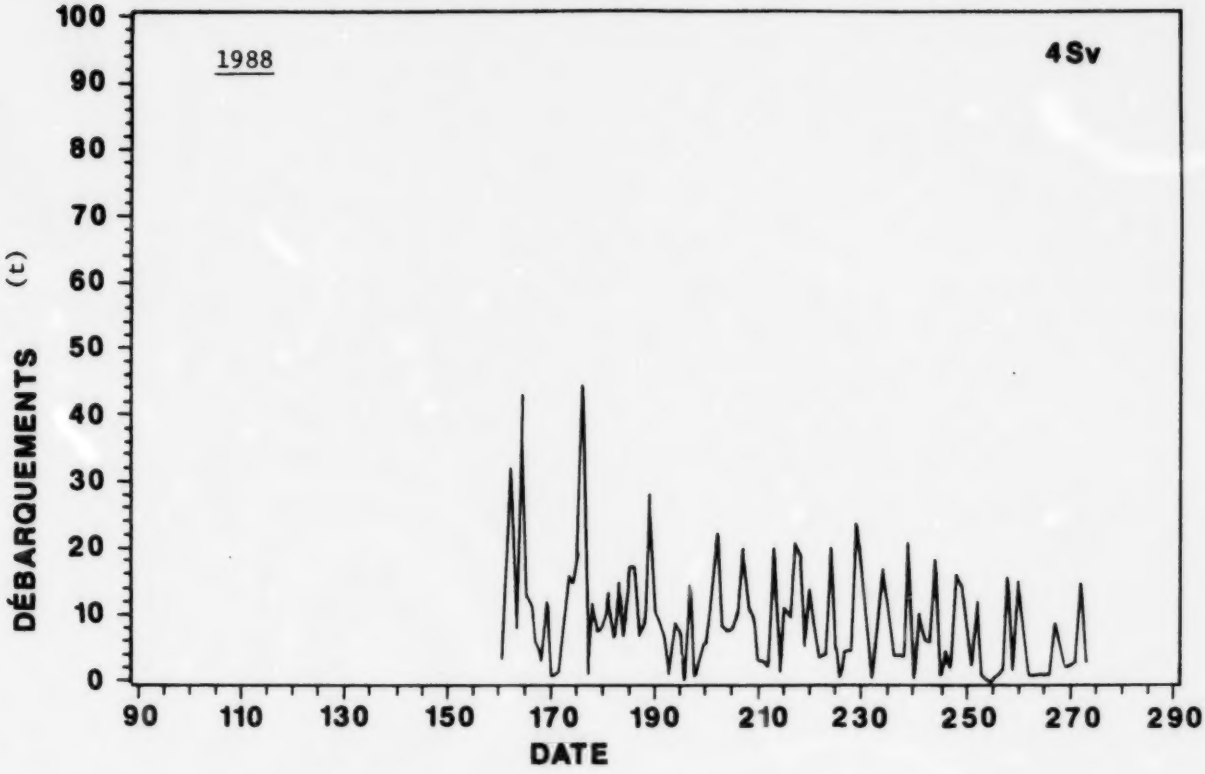


Figure 8. (suite).



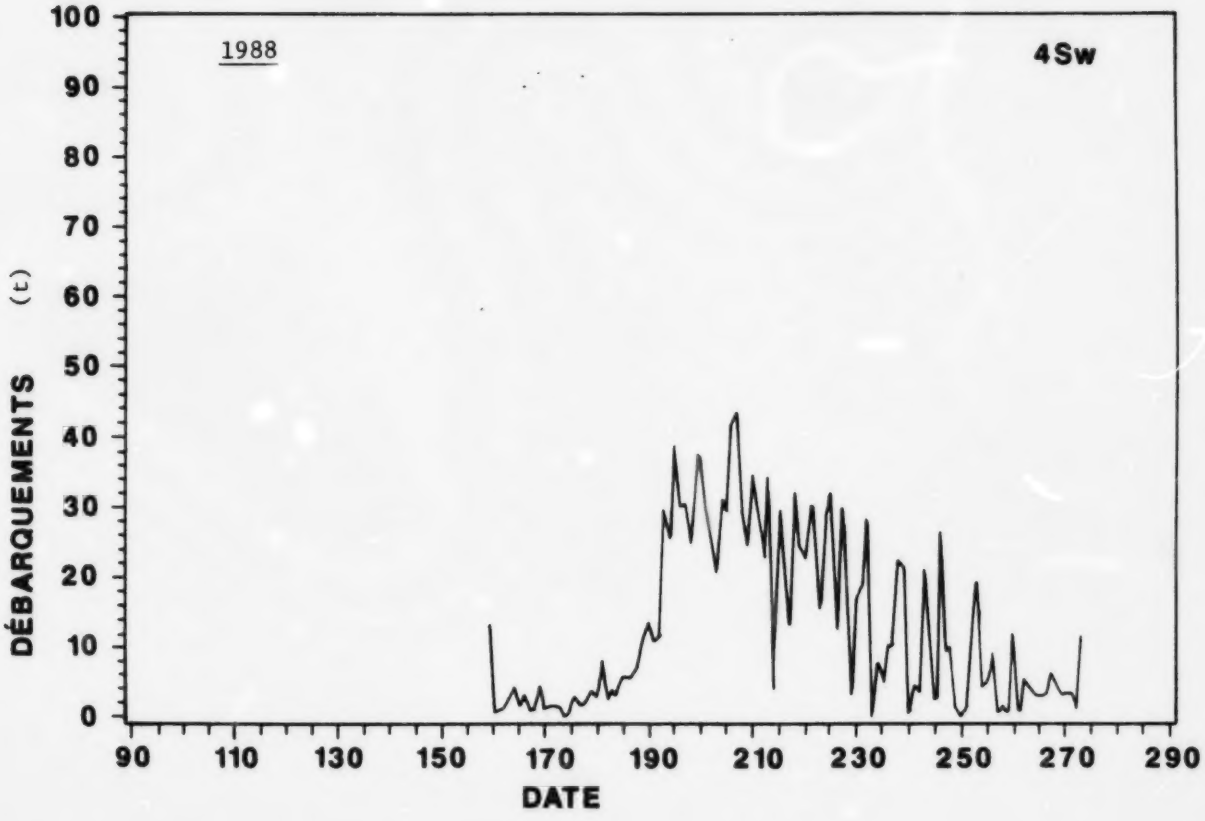
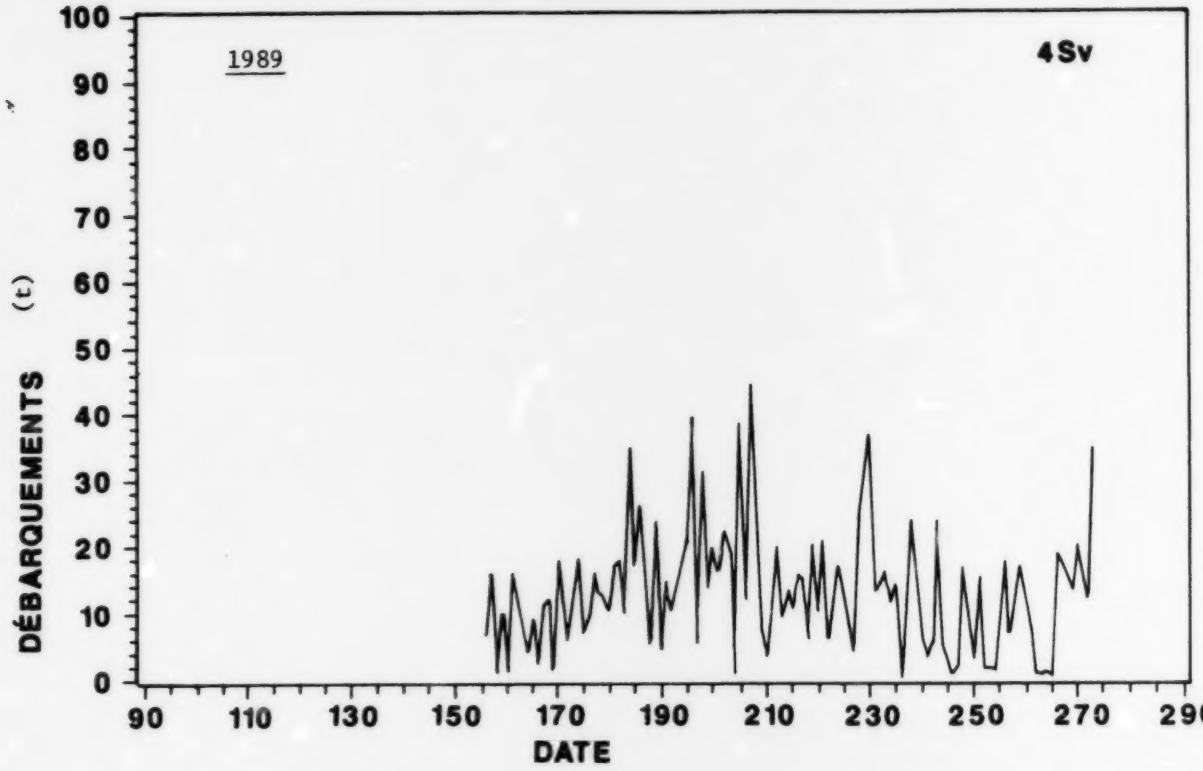


Figure 8. (suite).



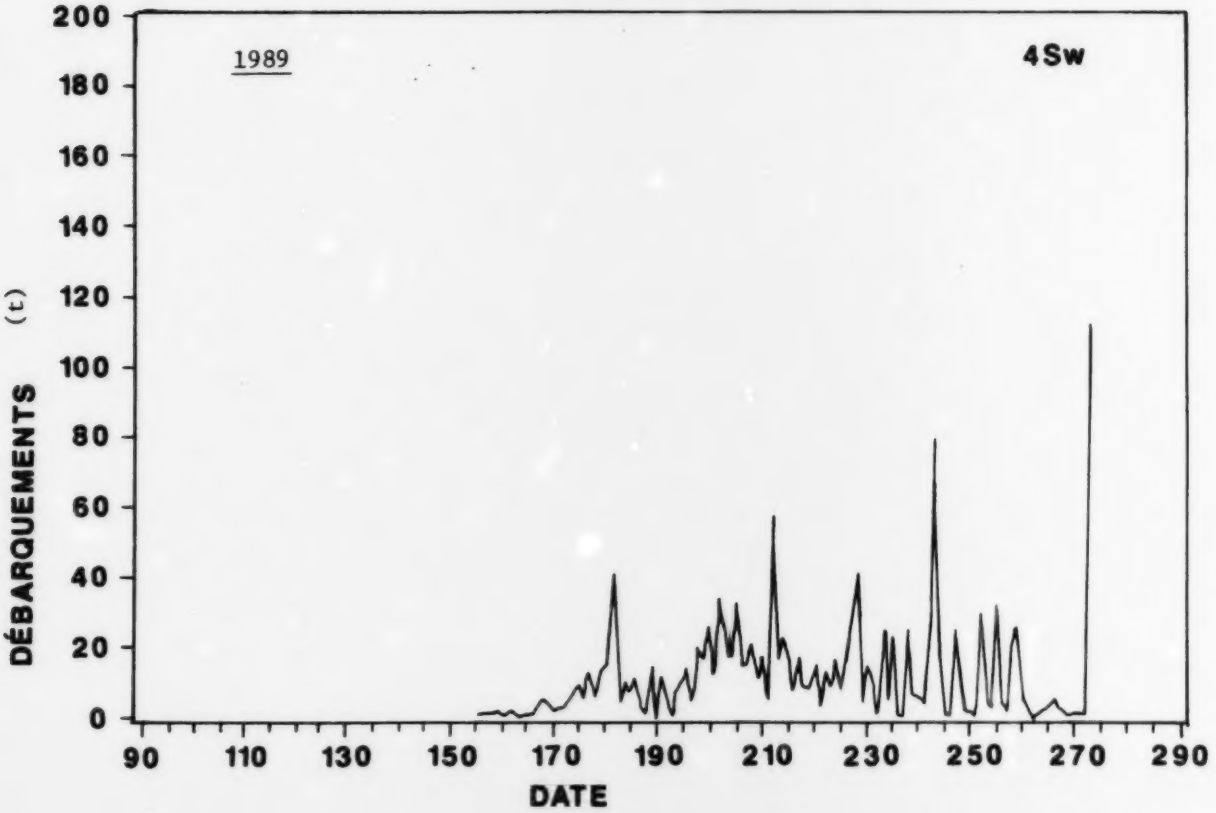


Figure 8. (suite).

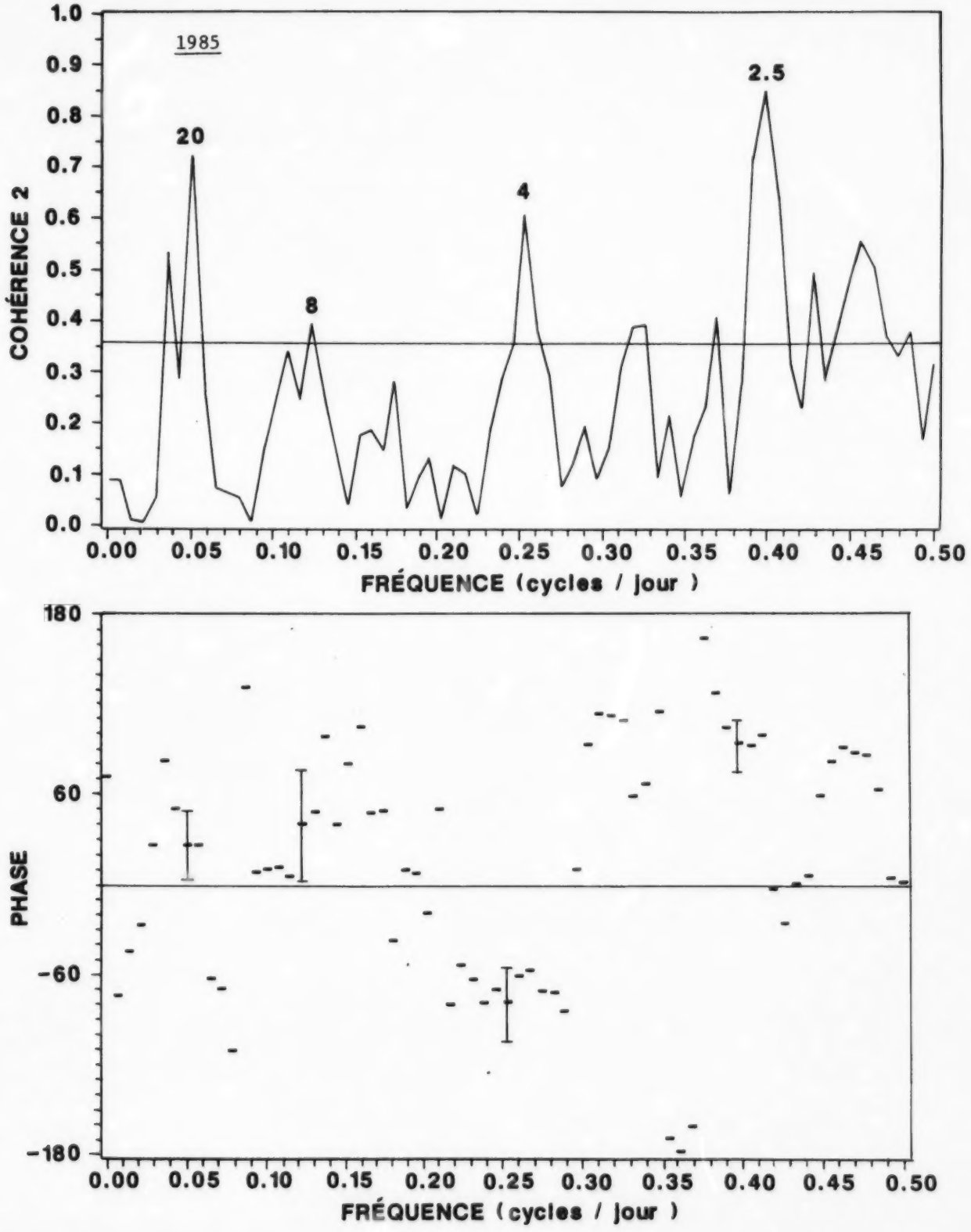


Figure 9. Cohérence au carré et spectre de phase calculés entre le vecteur stress (Blanc Sablon) et les débarquements de l'unité statistique 4Sv, 1985 à 1989.

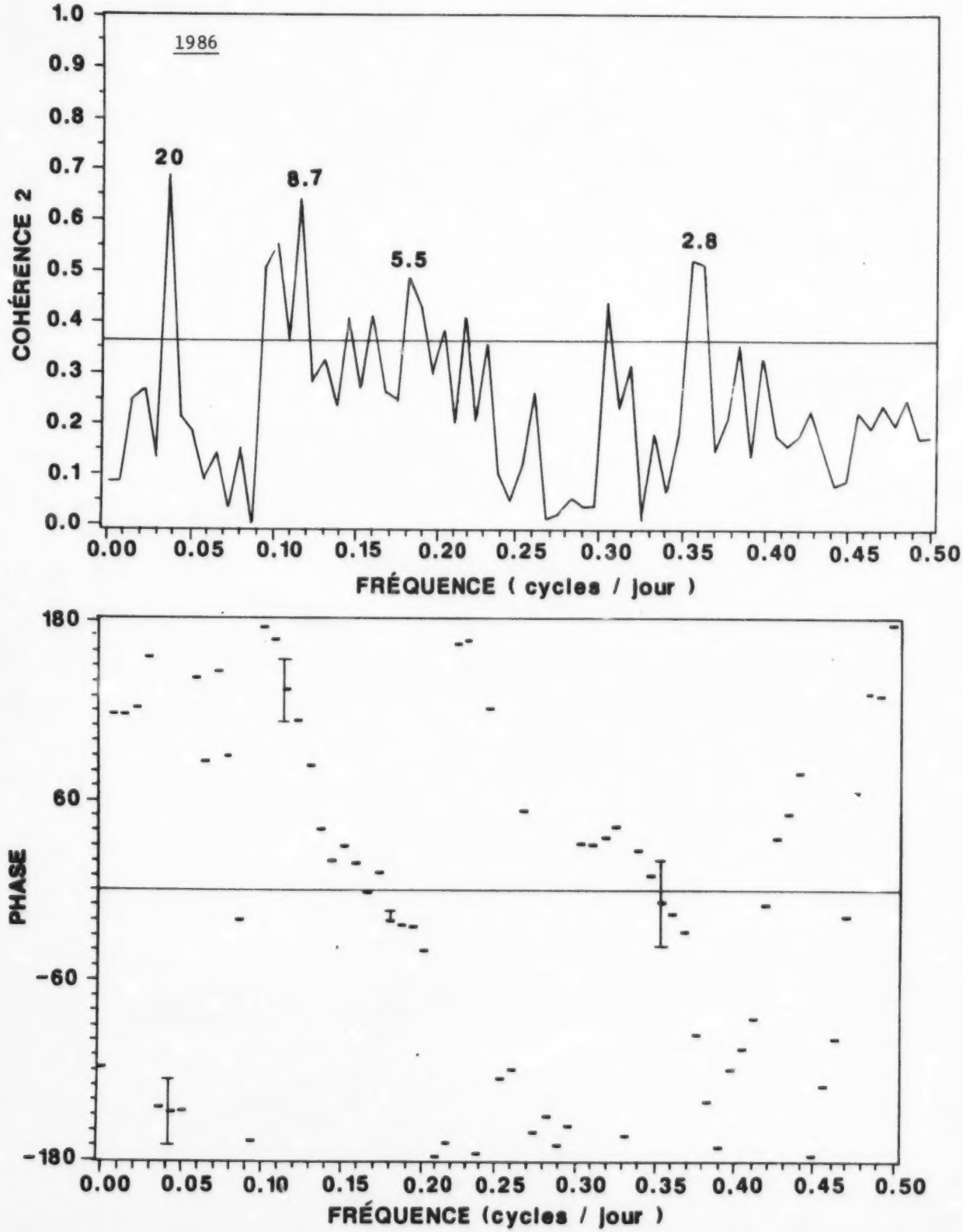


Figure 9. (suite).

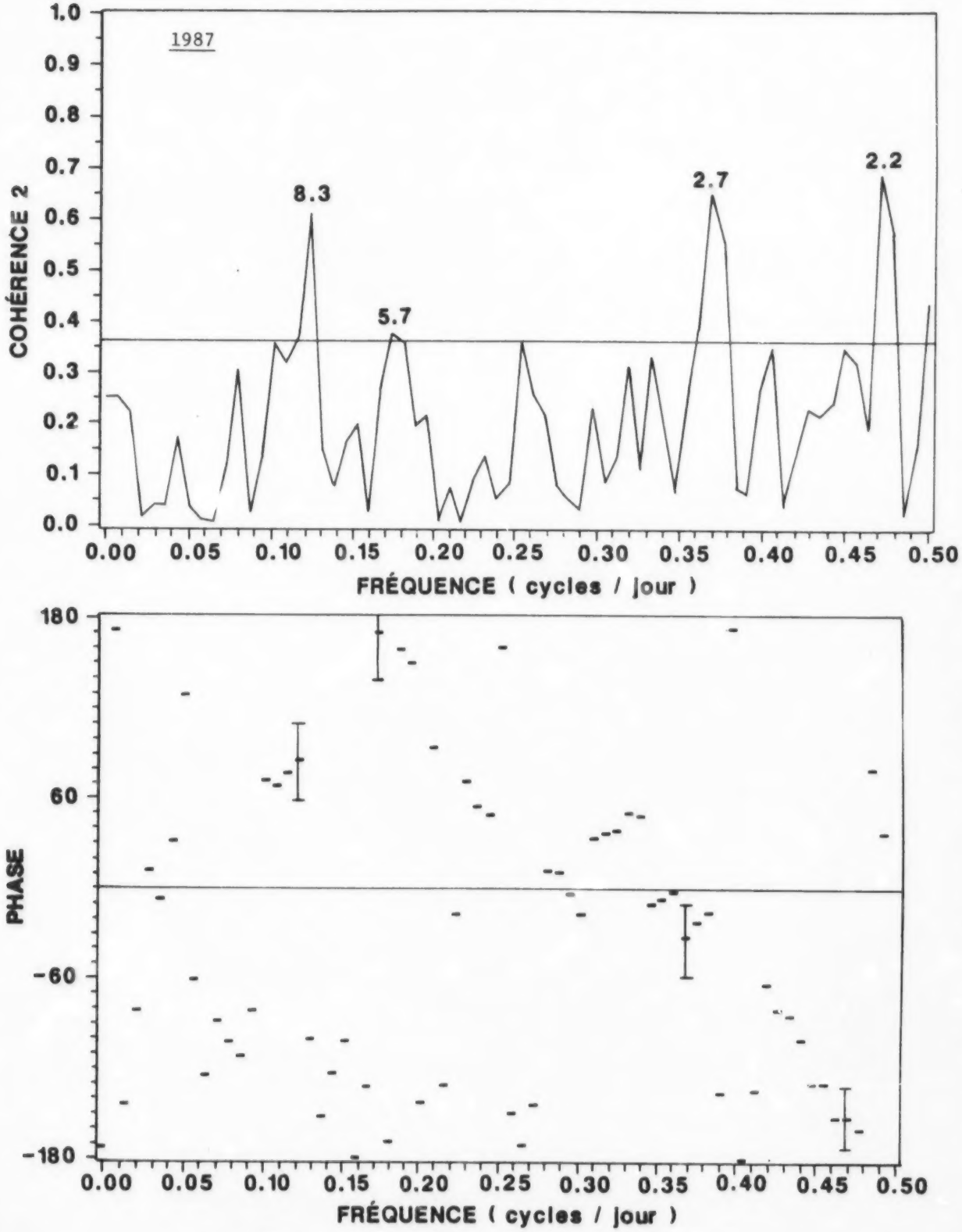


Figure 9. (suite).

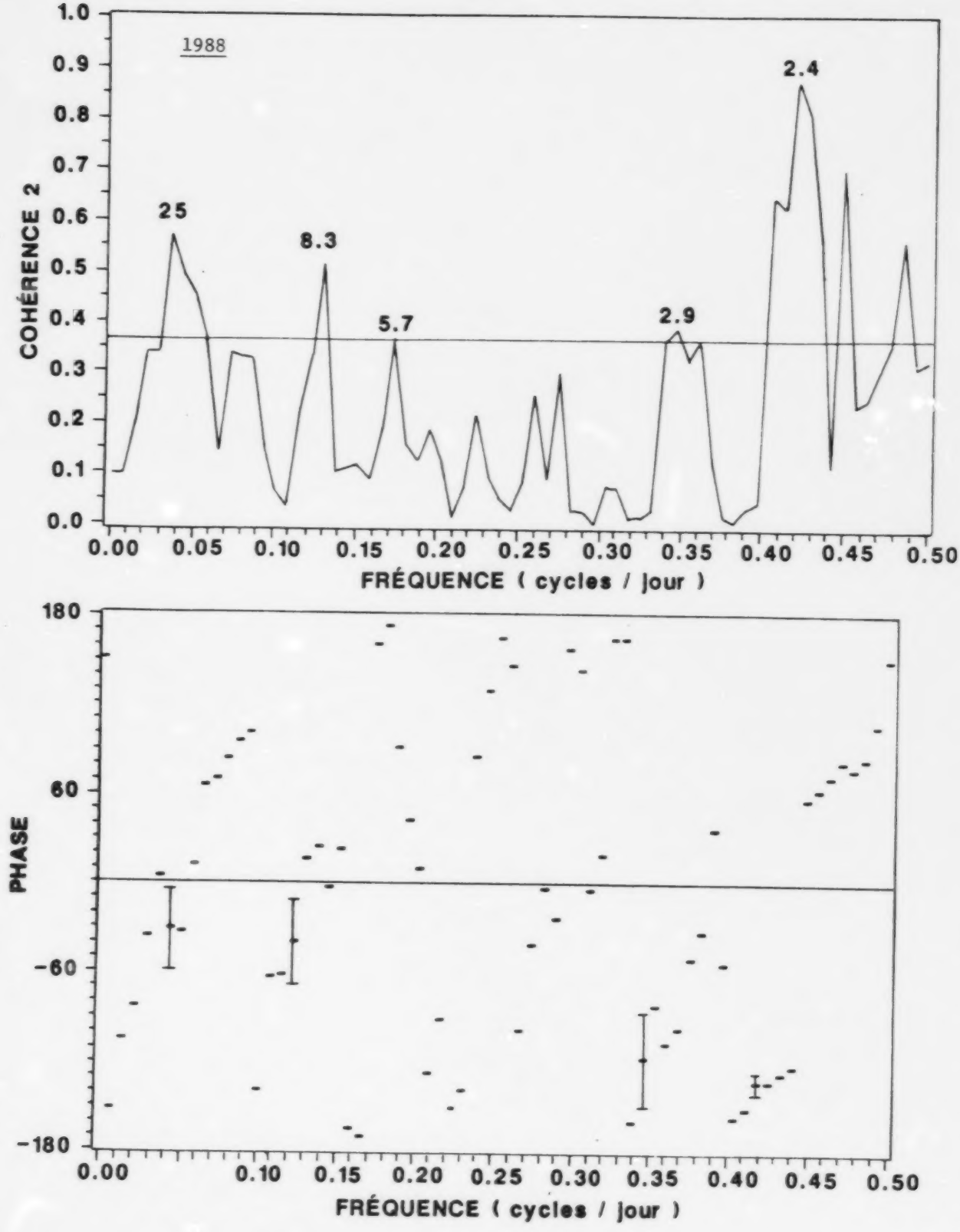


Figure 9. (suite).

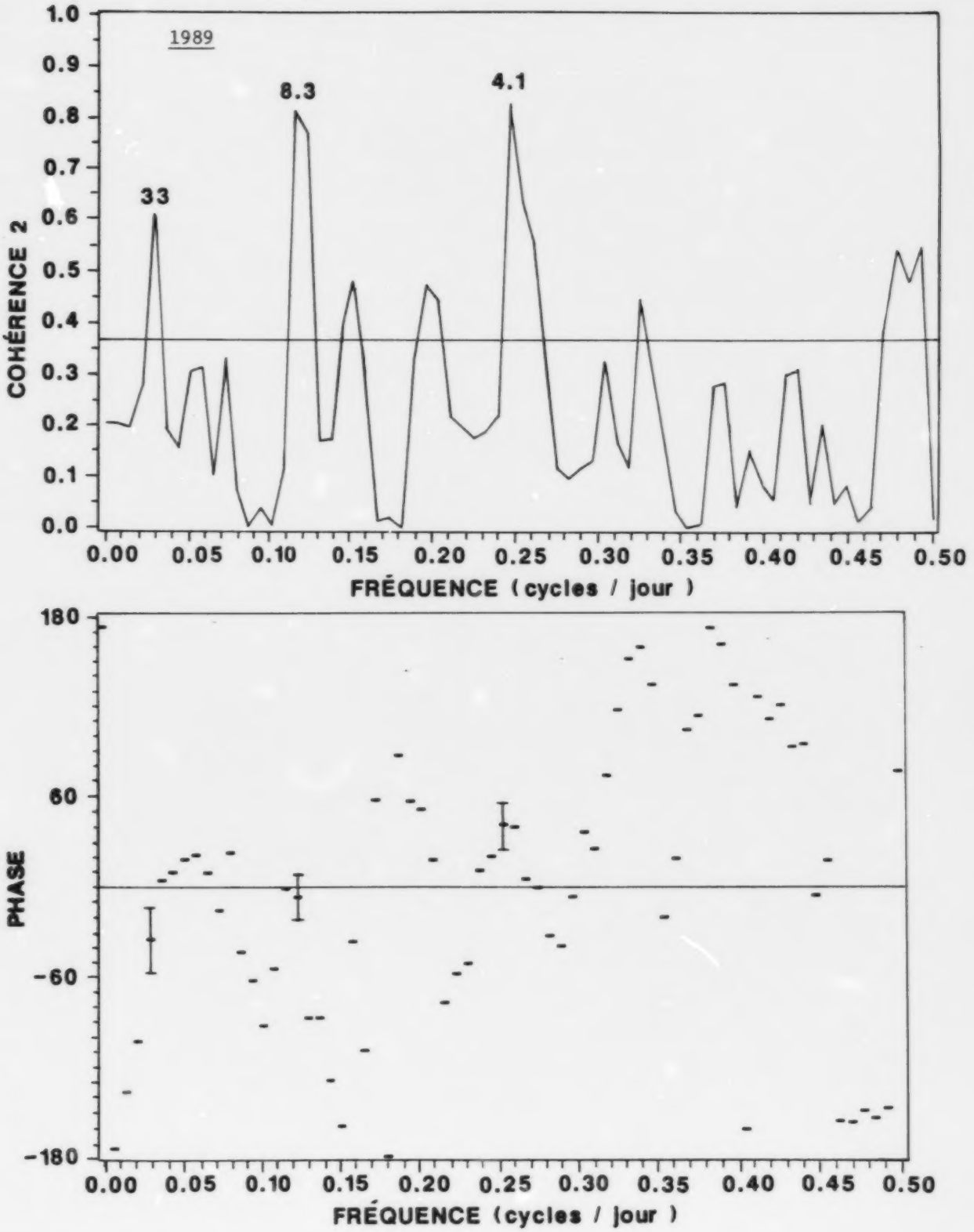


Figure 9. (suite).

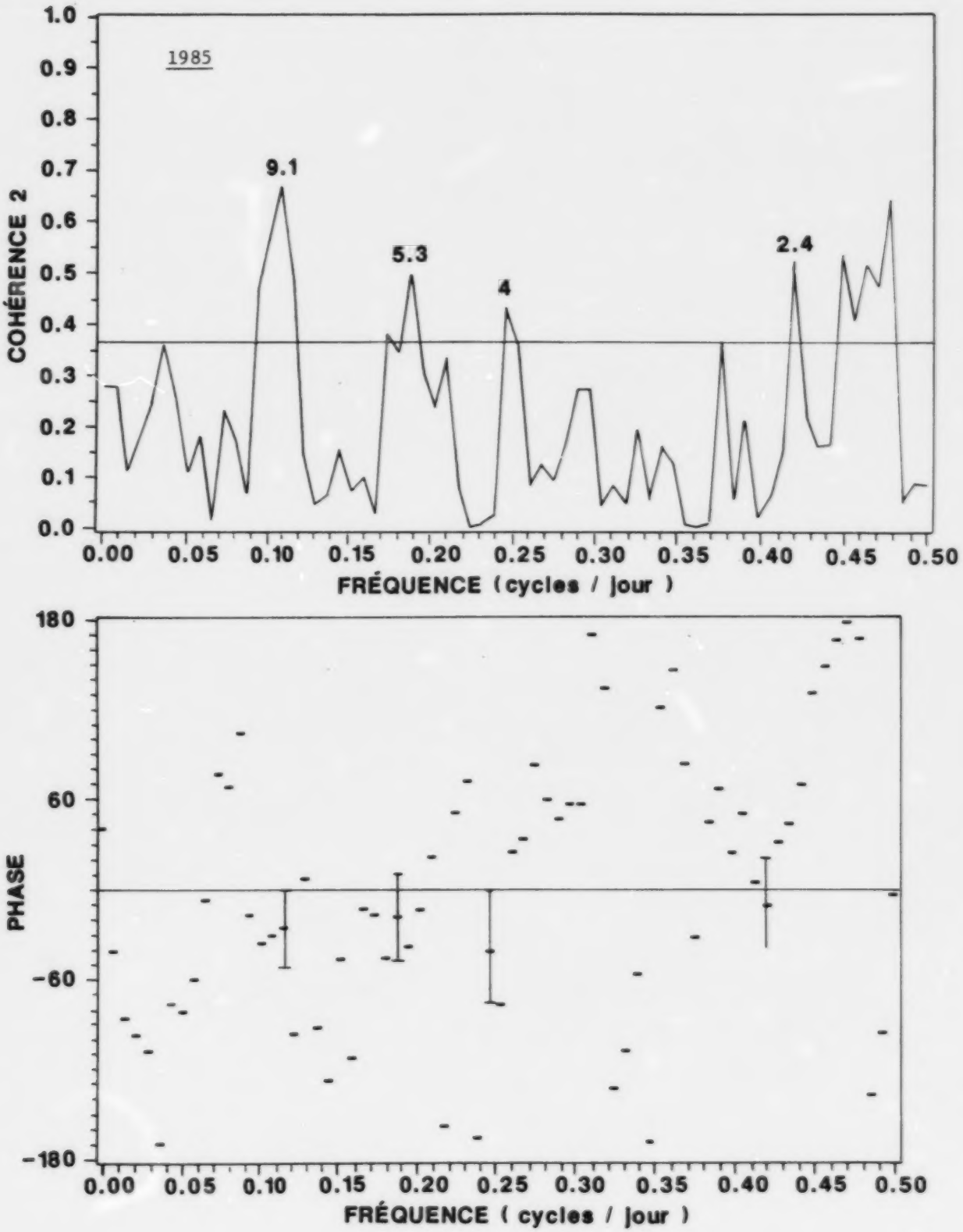


Figure 10. Cohérence au carré et spectre de phase calculés entre le vecteur stress (Blanc Sablon) et les débarquements de l'unité statistique 4Sw, 1985 à 1989.

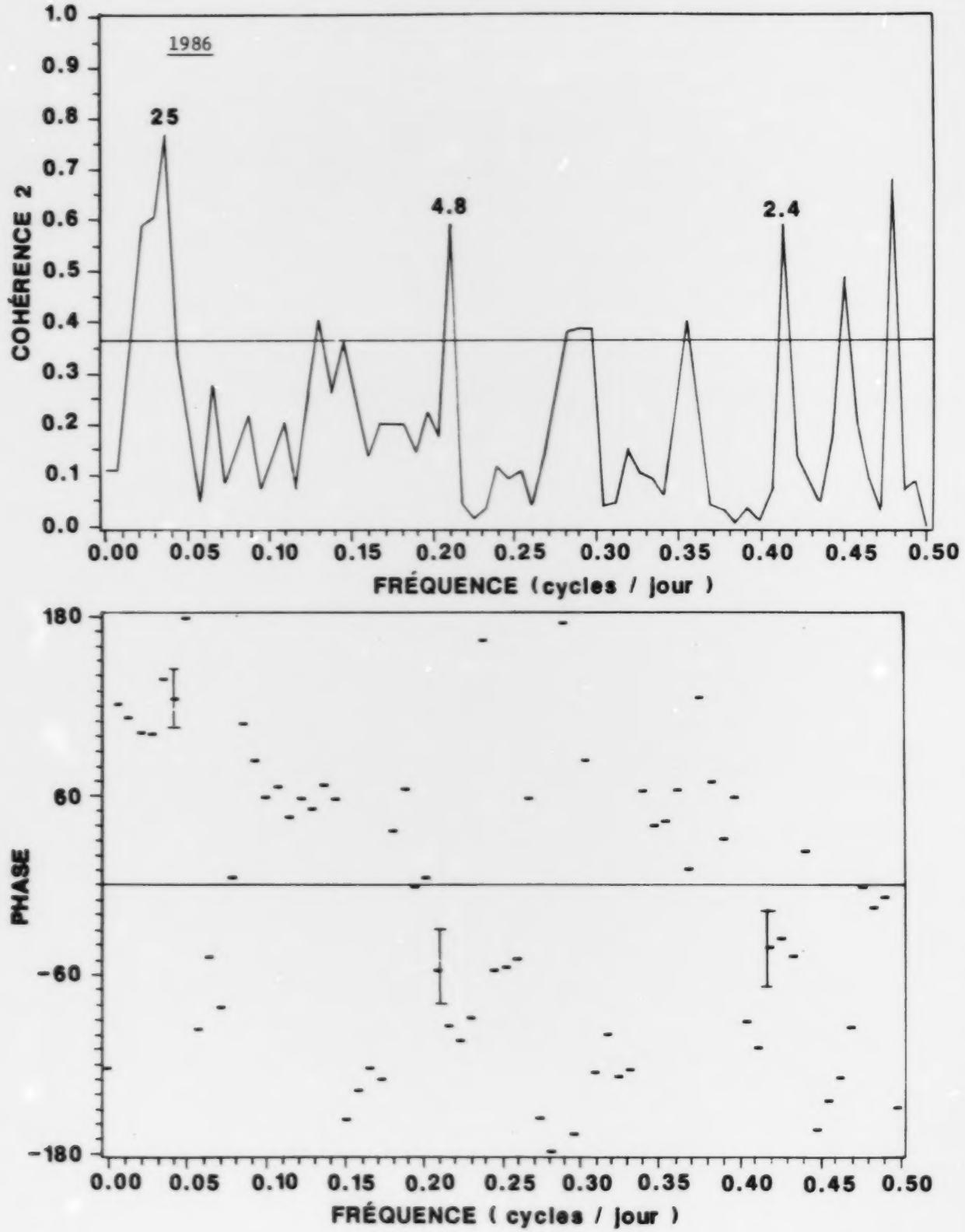


Figure 10. (suite).

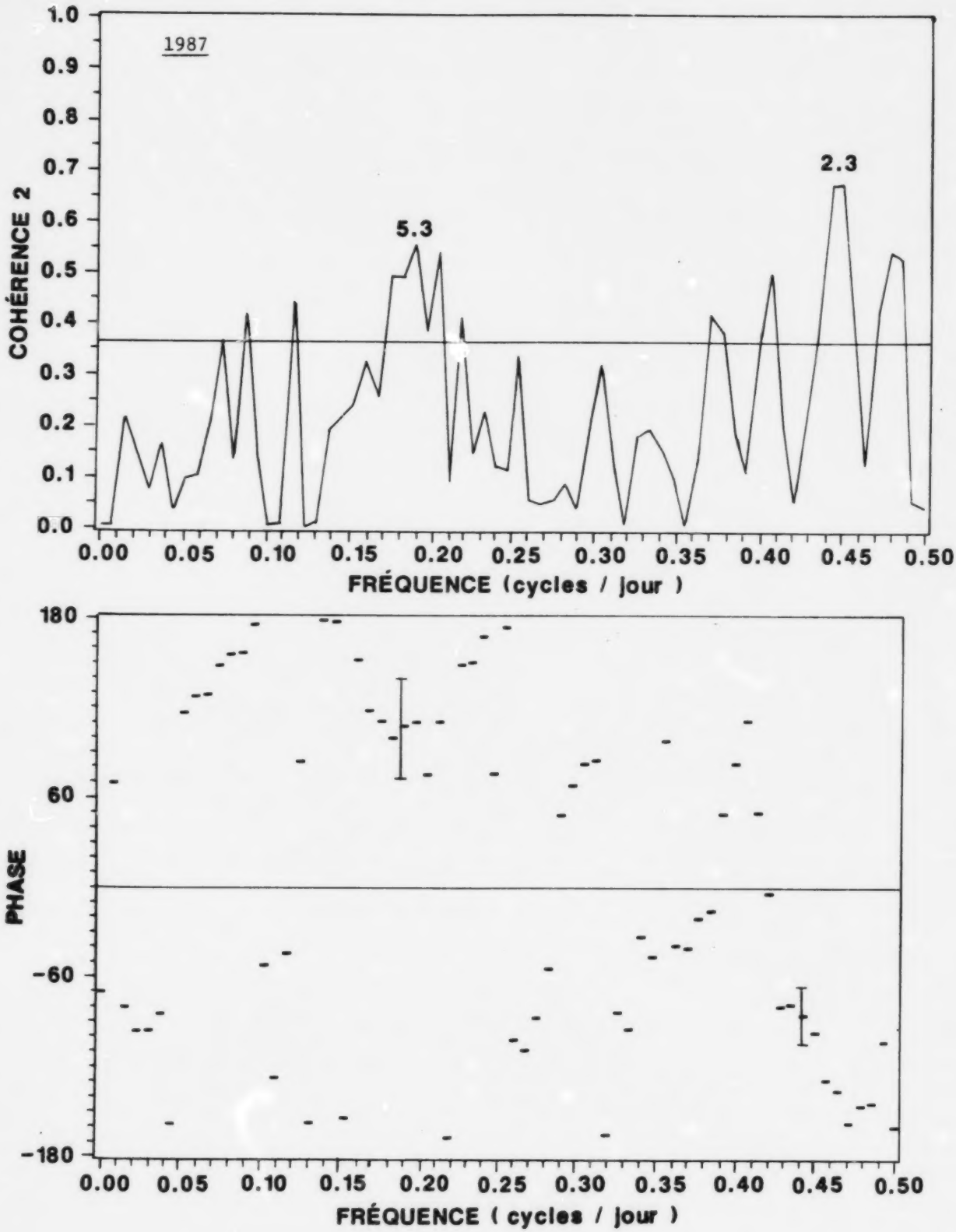


Figure 10. (suite).

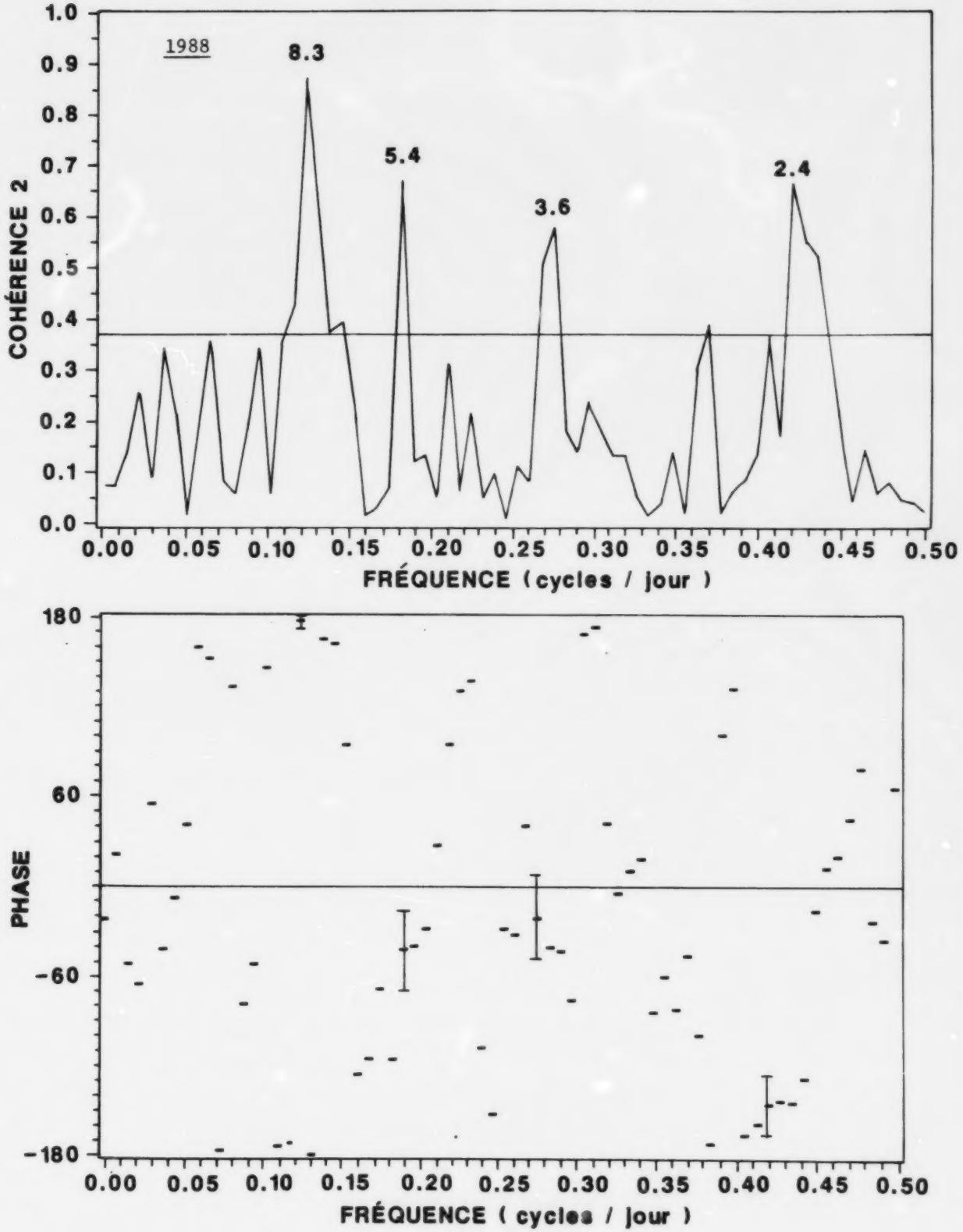


Figure 10. (suite).

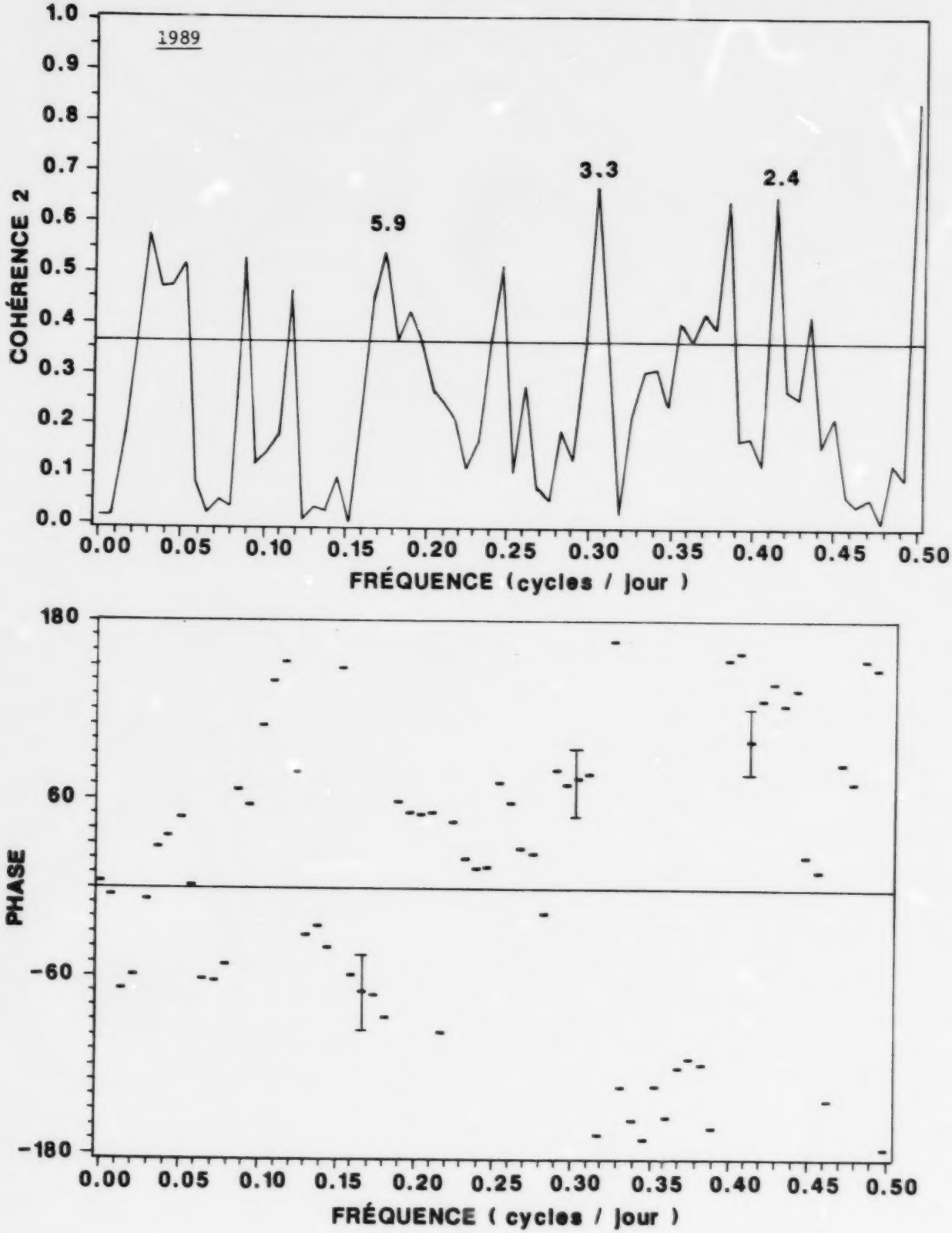


Figure 10. (suite).

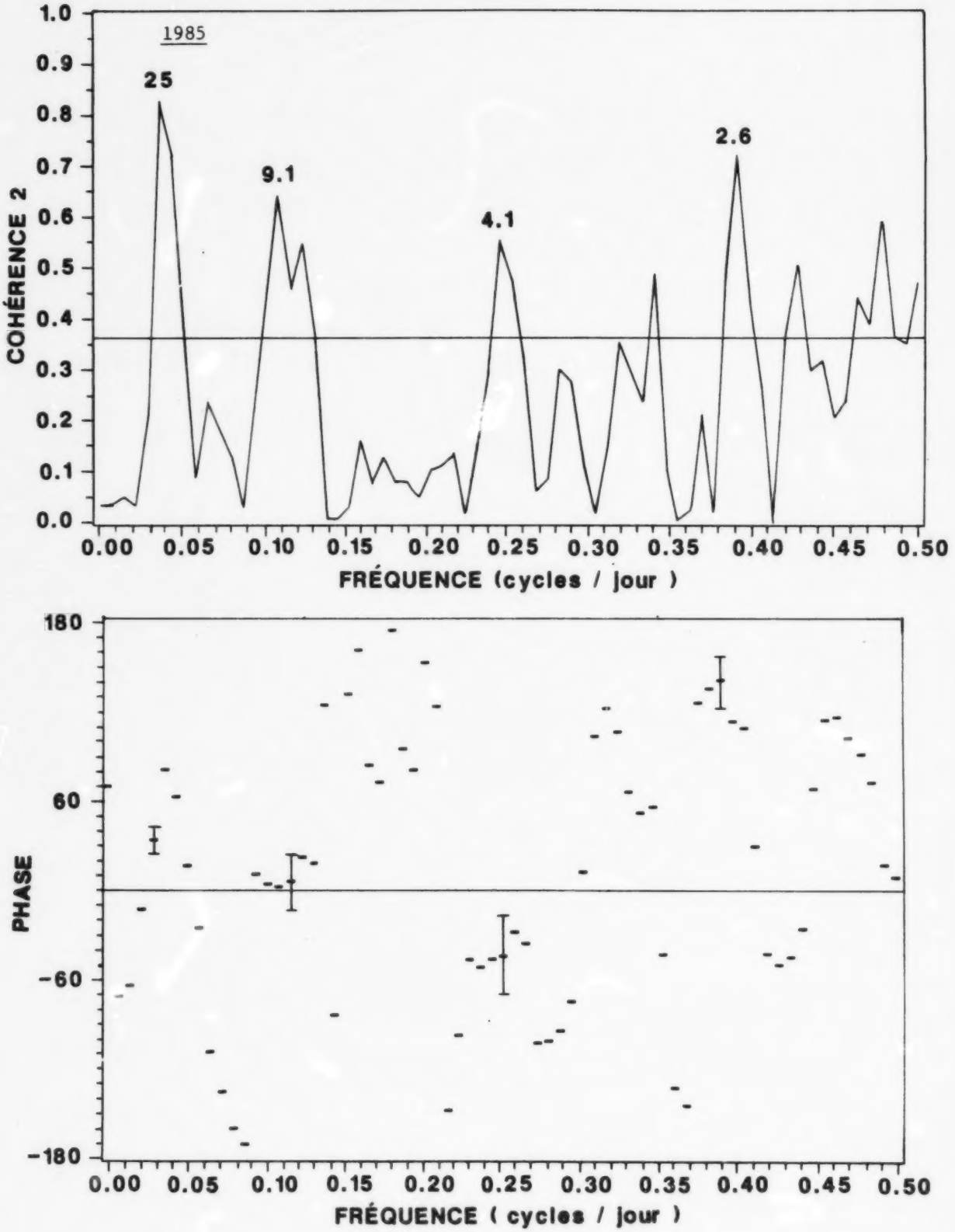


Figure 11. Cohérence au carré et spectre de phase calculés entre le vecteur stress (Chevery) et les débarquements de l'unité statistique 4Sv, 1985 et 1987.

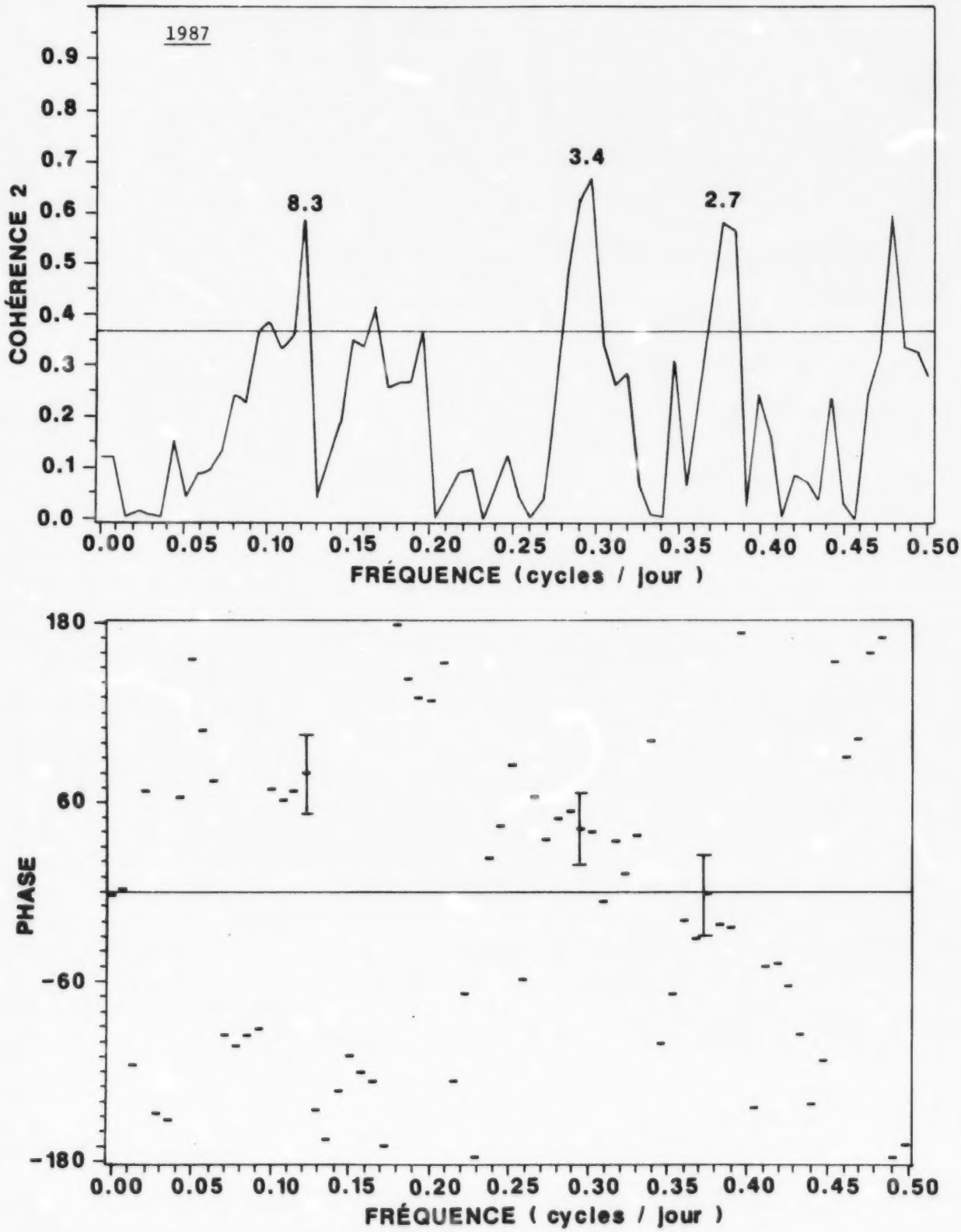


Figure 11. (suite).

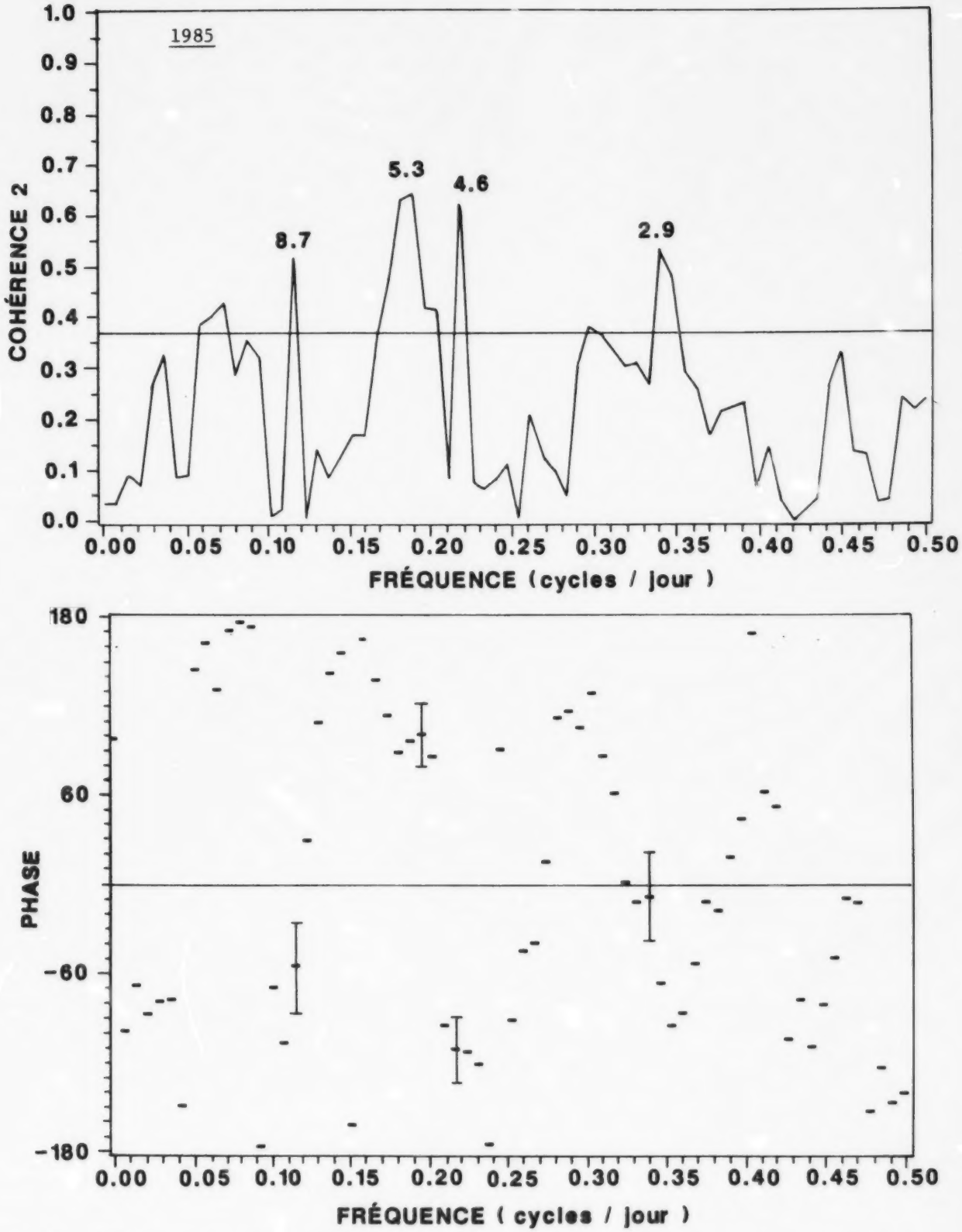
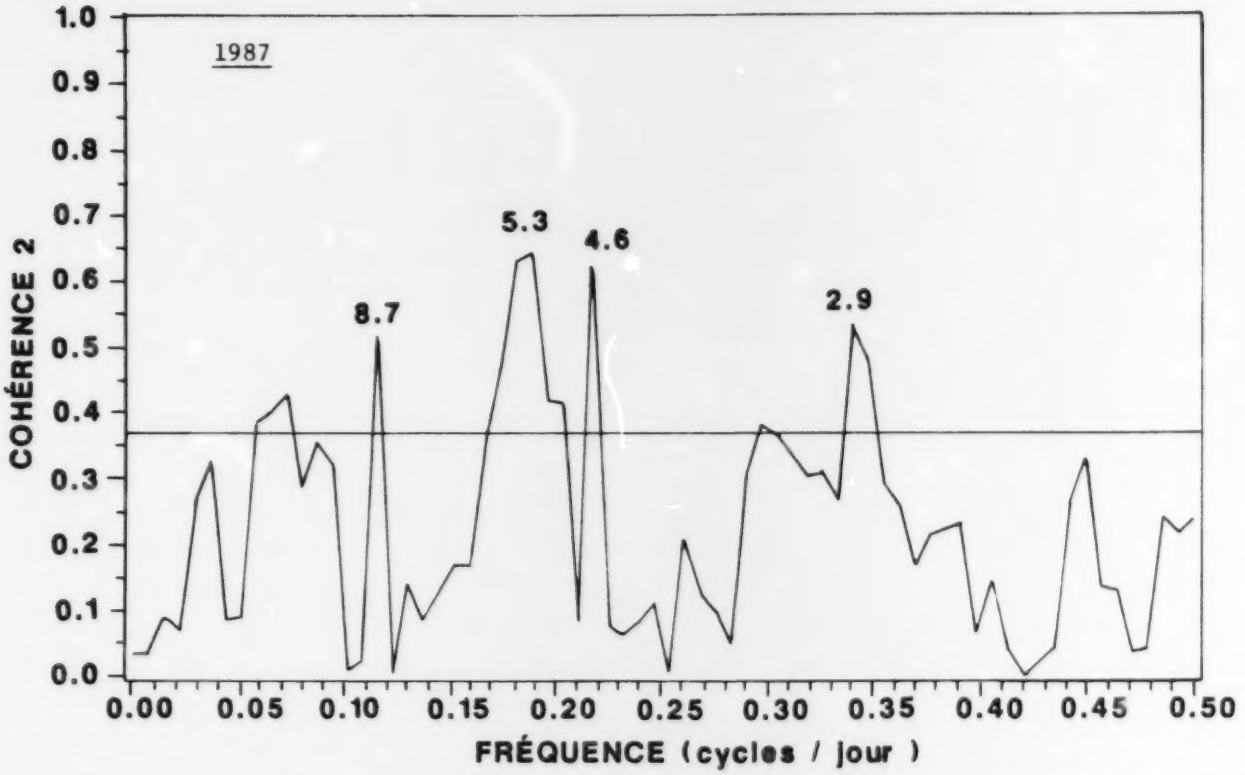


Figure 12. Cohérence au carré et spectre de phase calculés entre le vecteur stress (Chevery) et les débarquements de l'unité statistique 4Sw, 1985 et 1987.



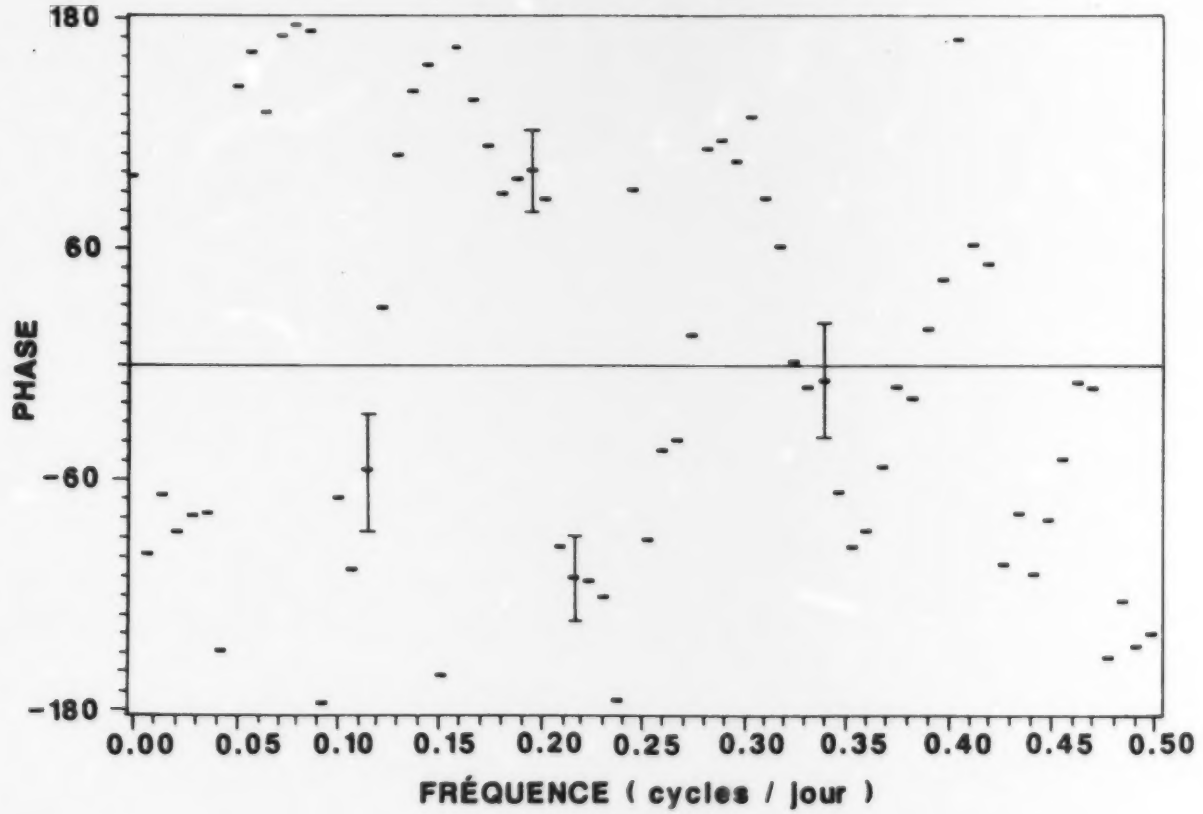


Figure 12. (suite).